ELEMENTI
DI FISICA SPERIMENTALE
COMPOSTI
PER USO DELLA REGIA UNIVERSITA'
DAL TENENTE COLONELLO

GIUSEPPE SAVERIO POLI
Presidente della Real Accademia Militare
GIA' ISTRUTTORE DI S. A. R.
IL PRINCIPE EREDITARIO
DELLE SICILIE;
Membro Brittanico della Società Reale di Londra
Socio dell' Accademia dell' Istituto di Bologna,
di Torino, di Verona, di Siena;
Pensionario della Real Accademia delle Scienze di Napoli ec.

EDIZIONE VENETA NOVISSIMA
Rinnovata, accresciuta, aggiunti dei nuovi trattati sulla respirazione, sulla traspirazione, sul galvinismo ec.
Corredata di Note dall' Autore e stampata in Napoli l'anno 1801.

TOMO II.



IN VENEZIA
1804.
Presso Giustino Pasquali q. Mario.
Con Privilegio.

Hominis sapientia est, ut neque te omnia scire putes, quod Dei est; neque omnia nescire, quod est pecudis. Est enim aliquod medium, quod sit hominis; idest SCIENTIA CUM IGNORATIONE CONJUNCTA, ET TEMPERATA.

Lactant. Div. Instit. Lib. III. Cap. VI.

LEZIONE VII.

Sulla Discesa dei Gravi.

ARTICOLO I.

Del Tempo, dello Spazio, e della Velocità dei corpi, che cadono liberamente dall' alto.

367. Ragionando della Gravità nel §. 79, si ebbe l' avvertenza di far osservare, che quantunque la medesima si vada scemando nella ragione, che si aumentano i quadrati delle distanze, tuttavolta però, attesa la notabilissima sproporzione, che vi ha tra il semidiametro terrestre, e le altezze, da cui possiam noi far discendere un grave, cotesta differenza di peso riguardasi come nulla, senza veruna tema di errore. Per la qual cosa egli è ben ragionevole il riguardar questa forza come se operasse ugualmente, ossia coll' istesso grado d'intensità in ciascheduno istante della caduta. E poichè non lascia ella giammai di accompagnare il mobile nei varj successivi punti dello spazio, per cui va egli scendendo di mano in mano; e la velocità generata in ciascuno istante non si distrugge, ma coopera con quella dell' istante, che siegue, attesa la forza di Inerzia; non si avrà difficoltà di convenire, che in tempi uguali si aggiugneranno al mobile uguali gradi di velocità. Quindi la velocità acquistata nel secondo istante sarà doppia della prima; quella del terzo sarà tripla; quella del quarto sarà quadtupla; e così in appresso; e conseguentemente il moto di un tal corpo sarà uniformemente accelerato. La velocità poi, che cotesto corpo troverassi avere nel fine della sua caduta, sarà come il numero degl' istanti impiegati nel discendere; e quindi sarà la somma di tutte le velocità parziali acquistate in ciascheduno di essi.

368. Affin di render più sensibile questa verità, che

è il fondamento di parecchie altre di somma importanza, sarà ben fatto il riguardare la retta A B alla guisa di una porzione di tempo, i cui varj uguali istanti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, successivamente sieguano l'un dopo l'altro; e sia espressa dalla retta 1 *x* la velocità, che il corpo A trovasi di avere acquistata nel termine del primo istante in forza della gravità, scendendo dallo stato di quiete. Nell'istante 2 perseverando la medesima velocità 1 *x* acquistata nel primo; ed a questa aggiungendosi l'altra uguale, che il grave acquista cadendo; la somma di ambedue, cui A possederà nel fine del secondo istante, sarà espressa da 2 *b*. Nell'istante 3 non essendo in verun modo alterata la velocità 2 *b*, ed a questa unendosi quella, che il grave acquista nell'atto della caduta, uguale ad *a b*; la somma delle velocità di A nel termine del terzo istante verrà indicata dalla retta 3 *d*: e così si vada ragionando, finchè si giunga all'ottavo ed ultimo istante, allorchè la velocità totale di A si uguaglierà alla retta BC, la quale ognun vede esser l'aggregato di 1 *x*, *a b*, *c d*, *e f*, *g h*, *i k*, *l m*, *n* C; ossia la somma delle velocità acquistate successivamente da A negli otto istanti menrovati.

Tav. IX. Fig. 33.

369. Dalle quali cose è naturale il dedurre, che la velocità, cui la gravità suol comunicare ai corpi, che discendono, è infinitamente picciola; ma che la medesima essendo accumulata in ogn'istante, produce poi nel termine di un dato tempo una velocità finita. Laonde il corpo A cadendo dallo stato di quiete, in cui la velocità è nulla, non acquista la velocità 1 *x*, che abbiam detto possedere nel fine del primo tempo, se non se a gradi successivi, nella guisa, che vedesi espresso dalla porzione A 1 *x* della Figura 34, per via di tante picciole rette parallele ad 1 *x*; le quali cominciando dal punto A, vanno crescendo in lunghezza di mano in mano, fino a tanto che giungono ad 1 *x*. La Figura stessa, che dicesi comunemente *Piano delle Velocità*, ci fa parimente vedere, che lo spazio descritto dal mobile colla velocità acquistata in tal modo, viene giustamente espresso dal triangolo A 1 *x*. Imperciocchè essendosi supposto, che la retta A 1 rappresenta il tempo, e la retta 1 *x* la velocità (§. 368); il

Tav. IX. Fig. 34.

il prodotto risultante dalle medesime esprime lo spazio trascorso dal mobile (§. 99). Può dunque lo spazio essere rappresentato dal triangolo A 1 x, il quale è parimente proporzionale alla sua altezza A 1, ed alla sua base 1 x.

370. Supponiamo ora, che avendo il corpo cadente acquistata la velocità 1 x, la forza di gravità cessi interamente di operare. Egli è naturalissimo l' immaginare, che il corpo A incominciandosi a muovere nel principio del secondo tempo da 1 verso 2 colla velocità 1 x, che a tenor dell'ipotesi è costante, ne soffre veruna alterazione, proseguirà a discendere colla medesima velocità fino al termine di siffatto tempo, ove verrà quella espressa da 2 y uguale ad 1 x; colle quali linee (o per dir meglio, con parallele frapposte tra esse) si dovrà eziandio rappresentare la velocità; onde egli è disceso in ciascheduno istante del tempo 1 2. Per la qual cosa lo spazio descritto dal mobile A durante il secondo tempo, uopo è, che si esprima per via del rettangolo 1 x y 2; il quale essendo doppio del mentovato triangolo A 1 x, ci fa scorgere ad evidenza, che la velocità, la quale trovasi accumulata nel mobile, caduto giù per la pura forza di gravità; è tale in fine del tempo impiegato nel cadere, che quantunque non se gliene aggiugnesse dell' altra, sarebbe atta a fargli descrivere con moto uniforme, in un altro uguale intervallo di tempo, uno spazio doppio di quello, che ha corso nel primo. Fig. 141

371. E' chiaro similmente, che se un mobile fosse spinto in su colla velocità, cui trovasi avere acquistata cadendo nel fine di un dato tempo, monterebbe alla medesima altezza, da cui è disceso; con questa differenza però, che laddove nel cader giù il moto fu uniformemente accelerato, nell'ascender su sarebbe uniformemente ritardato. Imperciocchè siccome nella discesa si aggiungono al mobile uguali gradi di velocità in ogn' istante, in virtù della forza di gravità, che col suo moto cospira; così nella salita si tolgono in ogn' istante allo stesso mobile uguali gradi di velocità, in forza della gravità medesima, che al suo movimento si oppone.

372. Dopo di aver ciò stabilito, passiamo un poco

ad esaminare in qual ragione si accelera il moto dei gravi, i quali fansi cadere liberamente dall'alto. Vuolsi adunque sapere, che gli spazj corsi da cotesti mobili, se si riguardino separatamente in ogn'istante, incominciando ordinatamente dal primo, saranno tra loro come i numeri caffi, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13. ec., vale a dire, che se il mobile scorra lo spazio di un piede nel primo tempo, nel secondo ne scorrerà 3, nel terzo 5, nel quarto 7, e così in appresso: se poi si rapportino al principio del moto, cosicchè ciascuno spazio successivo in se contenga la somma degli antecedenti, saranno fra loro come i quadrati dei tempi.
Tav. IX. Fig. 34. Ed in fatti dando un'occhiata alla Figura 34, e riducendosi a memoria nel tempo stesso, che il picciolo triangolo A 1 *x* rappresenta lo spazio corso dal mobile A durante il primo tempo; non altrimenti che i trapezj 1 *x a* 2, 2 *a b* 3, 3 *b c* 4, ec., esprimono gli spazj descritti ordinatamente nei tempi susseguenti; si rileverà senza veruna fatica, che il primo di cotesti trapezj, ossia 1 *x a* 2, in se contiene tre triangoletti uguali ad A 1 *x*; che il secondo trapezio ne contiene cinque; il terzo ne contiene sette; il quarto nove; e così successivamente.

373. D'altra parte volendosi sapere, quale sia lo spazio descritto da A, cominciando dal punto, in cui ha egli lasciato lo stato di riposo, sino al fine del sesto, ed ultimo tempo, bisognerebbe prender la somma
Fig. 34. di tutti i triangoli contenuti nel Piano A B C, i quali si troverebbero al numero di 36, ch'è il quadrato di 6. In simil guisa lo spazio descritto fino al termine del quinto tempo, ossia A 5 *d*, in se contiene 25 di cotesti triangoli, ch'è il quadrato di 5. Lo spazio corso fino al termine del quarto tempo, ovvero A 4 *c*, ne contien 16, ch'è il quadrato di 4. Lo spazio A 3 *b*, ch'esprime quello, per cui si è disceso fino al terzo tempo, ne contiene 9, ch'è il quadrato di 3. A 2 *a*, o vogliam dir lo spazio corso nel primo, e secondo tempo, ne contiene 4, ch'è il quadrato di 2. E finalmente A 1 *x* descritto nel primo tempo, in se contiene un solo di cotesti triangoli; ed ognun sa, che 1 è il quadrato di uno. Questa importantissima verità, rintracciata dall'immortal Galilei, fu poscia

con-

confermata con varj esperimenti dai due celebri Gesuiti Riccioli, e Grimaldi facendo scender giù i gravi da torri sublimi.

374. Ha quì luogo molto a proposito una bella osservazione, che è questa. Se si prenda una lunga serie di tempi, come per esempio, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ec., si vedrà, che i numeri caffi, i quali esprimono gli spazj corrispondenti, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, ec., si approssimano maggiormente l'uno all'altro a misura che crescono i tempi; dimodochè se la differenza tra gli spazj corsi nel primo, e secondo tempo, era di due terzi, quella, che vi ha tra gli spazj descritti nell'ottavo, e nono tempo, non giugne ad uguagliare $\frac{1}{8}$. La qual cosa c'insegna, che il moto accelerato dei corpi cadenti si va approssimando in simil guisa al moto uniforme a misura che si aumentano i tempi. Oltrecchè facendosi i gravi discendere in un mezzo resistente, qual'è l'aria; ed essendo notabile l'altezza, da cui fansi cadere; il loro movimento diviene realmente uniforme, giunti che sieno ad un certo termine della loro discesa; Dal che ne siegue, che quantunque la quantità di moto, ed in conseguenza, l'urto dei corpi cadenti, sia maggiore a misura che discendono da una maggiore altezza, per cagion del divisato acceleramento; tuttavolta però, quando l'altezza sia molto considerabile, non è quello così poderoso come altri potrebbe immaginarsi; conciossiacchè giunti essi ad un certo punto della loro discesa, il loro moto diviene uniforme, e cessa di avere ulteriore accrescimento fino al termine della loro caduta. Nel che siam veramente forzati ad ammirare un sapientissimo tratto della divina Provvidenza; imperciocchè essendo la cosa altrimenti, la pioggia, per cagion di esempio, ch'è sì giovevole alle piante, nocerebbe loro sommamente, e forse talora le distruggerebbe, se il suo movimento non divenisse uniforme dopo di avere scorso un certo tratto di spazio: il quale inconveniente renderebbesi più funesto a proporzione che essa cadrebbe da un'altezza più considerabile, siccome suol avvenire principalmente in tempo di State, allorchè le nubi essendo rarefatte oltremisura in virtù della poderosa forza del Sole, vengono conseguen-

temente elevate ad una notabilissima distanza dalla Terra.

375. La ragione intrinseca di siffatto cambiamento di moto accelerato in moto uniforme, deesi rintracciare nella resistenza dell'aria, e nell'aumento che ella acquista, proporzionale al quadrato della velocità, con cui un corpo vi scorre al di dentro (§. 128). Abbiam veduto, che la forza di gravità è invariabile, e genera uguali velocità in tempi uguali (§.367). La menlovata resistenza al contrario acquista sensibilmente gradi di aumento ad ogni tratto; dimanierachè, se avrà il grave nel primo tempo la velocità come 3, incontrerà nell'aria una resistenza come 9, che è il quadrato di 3: nel secondo tempo, se la sua velocità sarà come 5, la resistenza sarà come 25; nel terzo come 49, se mai la velocità sarà come 7; nel quarto come 81, se mai la velocità del mobile sarà come 9; e così in appresso. Che però, tostochè la resistenza dell'aria giugne ad uguagliare i successivi aumenti di celerità, che si accumulano nel grave, cambiasi questa in uniforme, e prosiegue ad esser tale sino al termine della discesa di quello.

376. Poichè il mobile acquista in ogn'istante il medesimo grado di velocità, mediante il continuo impulso della forza di gravità, saranno le velocità, come i corrispondenti tempi scorsi dal principio del moto. Tav. IX. Fig. 34. Infatti nel triangolo ABC, le rette $1x$, $2a$, $3b$ ec, esprimono le velocità; e le altre A1, A2, A3, ec. disegnano i tempi: ed ognun sa essere le prime proporzionali alle seconde. Or s'egli è vero, che gli spazj corsi dai corpi cadenti, cominciando dal principio del loro moto, sono come i quadrati dei tempi (§.372); sarà certo essere i medesimi eziandio come i quadrati delle velocità; e conseguentemente sì i tempi, che le velocità, che i corpi acquistano cadendo, sono come le radici quadrate degli spazj descritti o vogliam dir delle altezze, da cui son caduti.

377. Ecco impertanto alla mano un metodo agevolissimo per poter determinare non solamente il tempo impiegato da un corpo cadente per iscorrere un determinato spazio, ma eziandio la quantità dello spazio, per cui è disceso durante un determinato tempo. Affin

di

di poterne quì rapportar un esempio, uopo è supporre ciò, che dichiareremo ampiamente di quì a poco; vale a dire, che un grave nel primo minuto secondo della sua libera discesa scorre 15 piedi Parigini a un dipresso. Su tal supposizione adunque, se qualch'un cercasse di sapere, quanto tempo impiegherebbe una palla di piombo per iscender giù liberamente dalla cima del Campanil del Carmine, che supporremo alto 240 piedi; non si avrebbe a far altro, se non se dividere prima di tutto 240 per 15; imperciocchè estraendo poi la radice quadrata dal quoziente di una tal divisione, verrebbe indicato da quella il tempo richiesto. Per la qual cosa essendo 16 il quoziente di 240 diviso per 15; la radice di 16, che è 4 ci farà chiaramente rilevare, che la detta palla verrebbe giù dalla cima del detto Campanile nel tratto di quattro secondi. Volendosi sapere in simil guisa, quale sia l' altezza del Campanil del Carmine, dalla cui cima una palla è venuta giù in tempo di quattro secondi; basterà formare il quadrato di 4, cioè 16, indi moltiplicare 16 per 16, che è il numero dei piedi, che abbiam detto scorrersi da un grave nel primo minuto secondo della sua discesa; conciossiachè il prodotto di una tal moltiplicazione c'indicherà, che l' altezza del mentovato Campanile è di 240 piedi.

378. Quel che si è detto del tempo, vuolsi intender parimente in riguardo alla velocità; dimanierachè la velocità, che un corpo trovasi possedere nel mezzo oppur nel fine della sua discesa, si rileva immediatamente, tostochè ci sia nota l' altezza, da cui egli è caduto. Essendo noto, per esempio, che una palla è caduta giù dall' altezza di cento piedi; la velocità, cui ella si troverà avere nel fine della caduta, sarà di 10 gradi, che è la radice di 100 (§. 376): quella, che avea dopo di esser discesa per 36 piedi, era di 6 gradi, che è la radice di 36: la velocità posseduta alla profondità di 64 piedi, era di 8 gradi, che è la radice di 64; e così del rimanente.

379. Colla scorta delle verità fin quì dichiarate si ottiene anche il vantaggio di poter far acquistare ad un corpo cadente quella tal velocità, che si desidera. Imperciocchè, se fatto il primo tentativo con far cadere

dere il grave da un' altezza, supponiam di 4 piedi, si è rilevato di aver egli acquistato due gradi di velocità; affin di fare, che il medesimo possegga una velocità doppia di quella, non si ha a far altro, se non se farlo cadere da un' altezza, la cui radice quadrata sia il doppio di due, ossia della velocità acquistata nel primo esperimento: la quale altezza nel caso nostro sarebbe di 16 piedi, la cui radice 4 è il doppio di 2. Ognun comprende però, attese le verità testè dichiarate (§. 374, *e segu.*), che quì si prescinde intieramente dalla resistenza dell' aria; conciossiachè in tutte le teorie spettanti alla discesa dei gravi, si suppone dai Fisici, che quelli si muovano in uno spazio non resistente.

380. Poichè non si è ragionato finora se non se in generale dell'acceleramento, che i gravi acquistano cadendo, e della ragione, che gli spazj corsi hanno al tempo, in cui si descrivono; porta ora il pregio di discendere a cose più particolari, e di determinare la quantità degli spazj, che dai corpi cadenti *realmente* si trapassano in un determinato tempo; conciossiachè in tal modo potrem ridurre alla pratica le anzidette dottrine, le quali senza di ciò resterebbero infruttuose nel campo dell' astrazione. Or essendo questo un affare puramente di fatto, conveniva, che si determinasse col mezzo di osservazioni. Per la qual cosa furon queste praticate in Francia dal celebre Hugenio per via dell' oscillazione dei Pendoli; da cui rilevò egli, che un grave, che in quel tal luogo facciasi cadere liberamente dall' alto, indipendentemente alla resistenza del mezzo, descrive lo spazio di 15 piedi, un pollice, ed $\frac{1}{18}$ parte di linea, nell' intervallo del primo secondo di tempo. Le osservazioni medesime, ripetute con somma diligenza in Italia, in Germania, ed in altri Paesi, hanno dato parimente gli stessi risultati. Posto ciò da una parte, e riflettendo dall' altra, che gli spazj descritti dal grave cadente, qualor sieno separatamente presi, vanno crescendo come i numeri caffi 1, 3, 5, ec. (§. 372); si può agevolmente determinare lo spazio corso da qualunque grave in ciaschedun tempo della sua discesa. Sapendo, per esempio, che una palla di piombo, lasciata cadere

dere liberamente dalla cima di un Campanile, ha impiegato nel discendere l'intervallo di tre secondi; si dovrebbe esser certo di aver ella corso lo spazio di 15 piedi, ed un pollice (negligendo le frazioni) nel primo secondo di tempo; di 45, e tre pollici, nel secondo seguente; e finalmente di 75, e cinque pollici, nel terzo, ed ultimo tempo; attesochè siffatti numeri 15 $\frac{1}{12}$, 45 $\frac{3}{12}$, 75 $\frac{5}{12}$, sono tra se come i numeri casfi 1, 3, 5. E poichè la somma di questi numeri uguaglia 135 $\frac{9}{12}$; ci si renderà noto inoltre in virtù di essa lo spazio trapassato dalla palla, dal principio fino al termine della sua discesa, nell'intervallo di tre secondi. Ciocchè ci somministra un altro metodo per determinare lo spazio corso da qualunque grave durante un determinato tempo, indipendentemente da quello, che si è proposto nel §. 377.

381. Vuolsi quì avvertire però, che lo spazio, di cui quì si ragiona, rendesi alquanto minore del mezzo resistente; il quale diminuendo in qualche modo la velocità del grave, gli fa quindi descrivere uno spazio minore di quello, che avrebbe descritto in quel dato tempo, se si fosse mosso nel voto: e questo ritardo, anche indipendentemente da quello, che può cagionare il diverso grado di velocità, può esser vario nei varj corpi, a tenore della diversità della loro massa, e del lor volume, per cui rendonsi eglino più, o meno atti a poter superare l'anzidetta resistenza, siccome si è da noi altrove dimostrato (§. 74). Gli altri esperimenti istituiti in Londra dal famoso Desaguliers in presenza degl'immortali Filosofi Newton, ed Halley, confermano evidentemente questa verità. Imperciocchè avendo egli fatto cadere varie palle di piombo del peso di due libbre dall'alto della Cupola di S. Paolo, elevata 272 piedi Inglesi al di sopra del pavimento, osservò di esser quelle giunte su 'l pavimento stesso nell'intervallo di 4 secondi e mezzo. Dal che si scorge aver l'aria ritardato a segno il moto delle dette palle, che fece loro impiegare tanto tempo nello scorrere 272 piedi, quanto ne avrebbero dovuto impiegare nello scorrerne 325, e poco più, in uno spazio privo di resistenza. Così in fatti, giusta la regola dichiarata nel §. 380, supponendo, che un

gra-

grave cadente scenda nel primo secondo lo spazio di 16 piedi Inglesi, ed 1 pollice (che equivalgono a 15 Parigini, ed un pollice, negligendo le frazioni); nel secondo seguente deve scendere 48, e 3 pollici: nel terzo tempo 80, e 5 pollici; nel quarto 112, e 7 pollici; e finalmente nel mezzo secondo in appresso 68 piedi, 4 pollici, e 3 linee: i quali numeri insieme uniti fanno la somma di 325 piedi, 8 pollici, e 3 linee. Nella guisa medesima furon praticati gli esperimenti con corpi di diverso peso, e differente volume, cioè a dire con vesciche, e con globi di vetro pieni di aria; e da essi si rilevò, che il loro moto veniva ritardato a proporzione, che erano più leggieri, ed aveano un maggior volume. D'onde si ricava, che siffatto ritardo nell'acceleramento dei gravi riesce pressochè insensibile, qualora i medesimi sono molto pesanti, e l'altezza, da cui fansi cadere, è poco notabile.

382. Tutte le rapportate dottrine riguardanti la discesa dei gravi, rintracciate mirabilmente dall'immortal Galilei, render si possono sensibilissime, ed evidenti, mercè di una Macchina inventata, non è molti anni, dal sig. Atwood, professore di Fisica nell'Università di Cambridge, e mio rispettabile Collega nella Società R. di Londra. Converrebbe scrivere un intiero trattato per dare una compiuta idea di siffatta Macchina, e per indicar la maniera, onde si debbono con essa istituire tutti gli esperimenti. Sarà questo in qualche parte il soggetto di un'altra mia opera. Gioverà dunque per ora il darne un leggierissimo saggio, per indicar soltanto il modo, onde si ottengono mercè di essa i più esatti risultati.

Tav. IX. Fig. 35. 383. Le parti principali, di cui è composta questa nuova Macchina, sono l'Asta verticale AB dell'altezza di cinque piedi e mezzo, divisa in 64 pollici, le cinque picciole ruote C, D, E, F, G; i tre sostegni H, I, S; il Pendolo K, ed i pesi convenienti. I vantaggi, che da essa si ritraggono, sono della massima considerazione; imperciocchè in primo luogo la sua picciola altezza rende sì poco sensibile la resistenza dell'aria, che può quella negligersi senza tema di errore (§. 381). Come in fatti lo stesso Autore

tore mi ha dimostrato, che anche nella massima velocità, che si suol dare al peso O, la resistenza, che l'aria fa su di esso, a mala pena supera quella del peso di un grano. Oltre di ciò la forza acceleratrice non solamente si può accrescere, o diminuire secondo l'uopo il richiede, ma si può eziandio far cessare di operare, quando altri voglia: ciocchè non si può affatto ottenere con verun altro mezzo finora inventato. Il grave O, che vuolsi far discendere, ha per base il sostegno H, ed è attaccato ad un sottil filo L M, il quale passando al di sopra della ruota scannellata G, tien sospeso nella parte inferiore opposta un altro corpo N uguale ad O. Vi è nell'asta A B una molla, guernita di un bottoncino P, mercè la cui pressione si fa sì, che nel medesimo istante cadano i due sostegni H, ed I, e quindi che il Pendolo K, che era arrestato dal sostegno I, incominci ad oscillare nel punto stesso, che il grave O incomincia a discendere. A cotesto picciolo meccanismo si è data la massima perfezione dal felicissimo genio del celebre Ramsden. Il divisato Pendolo batte distintamente i mezzi secondi.

384. Ciascun vede però, che essendo il grave O uguale ad N, che gli serve di contrappeso dalla parte opposta, non potrebbe egli affatto discendere, se non gli si aggiugnesse un altro peso qualunque; il qual peso aggiunto costituisce poi la forza acceleratrice, che render potrassi conseguentemente maggiore, o minore. Vi è la maniera di determinarlo secondo i diversi esperimenti, che si voglion fare. Egli è vero, che il grave O non può liberamente scendere, per cagion dell'inerzia delle ruote. C, D, E, F, G; cui dee far rivolgere mercè del suo filo L M; ma di questa si tien preciso conto nel fare gli esperimenti, essendovi un metodo agevolissimo per poterla determinare; sicchè siffatta resistenza viene in tal modo à rendersi nulla. Ho io presso di me la formola comunicatami a Londra dallo stesso signor Atwood. Il meccanismo del ruotame C D E F G è tale, che rende il fregamento dell'asse della gran ruota G infinitamente picciolo; conciossiachè siffatto asse si rivolge da ciascuna parte intorno a due punti

Tav. IX. Fig. 15.

delle

delle circonferenze delle rimanenti ruote, girevoli anche esse intorno all'asse loro. Avrem motivo in appresso di dare un minuto dettaglio di un tal meccanismo. Ci è anche la maniera di poter calcolare cotesto menomo fregamento, per tenerne conto nel fare gli esperimenti più dilicati. Ciò premesso in accorcio, passiamo agli esperimenti.

Tav. IV. Fig. 35. 385. Pongasi il peso O, uguale ad N, sullo scannetto H, e si appoggi il pendolo K su il suo sostegno I. Supponiamo, che il peso della massa totale di O, e di N, compresa l'inerzia delle ruote, e il fregamento dell'asse di G, uguagli 63 dramme. Essendo le parti di questa massa in perfetto equilibrio; se si aggiugne al tutto una sola dramma in O; la forza acceleratrice, che sarà prodotta da quella, e che competerà alla massa totale, sarà $\frac{1}{64}$. Per la qual cosa lo spazio, che siffatta massa descriverà scendendo, sarà proporzionale alla detta forza acceleratrice, e quindi sarà $\frac{1}{64}$ dello spazio, che nell'istesso tempo avrebbe corso la detta massa coll'intiera sua gravità. Pongansi dunque in libertà nel medesimo istante il grave O, e il Pendolo K, premendo col dito la molla P; e si vedrà, che alla seconda battuta del Pendolo, la quale indicherà, a tenore di ciò che si è detto (§. 383), di esser già scorso il primo minuto secondo di tempo, il grave O sarà disceso fino a tre pollici. E poichè tre pollici sono $\frac{1}{64}$ di 192 pollici, che compongono 16 piedi Inglesi; resta evidentemente dimostrato, che se la divisata massa totale fosse discesa coll'intiera sua gravità, avrebbe corso 16 piedi Inglesi, ossia 15 Parigini, in questo primo secondo di tempo, corrispondentemente a ciò, che si è dichiarato nel §. 380.

386. Affine poi di provare, che la velocità acquistata in un determinato tempo da un corpo cadente, è tale, che gli farebbe trapassare un doppio spazio in un tempo uguale al primo, qualora il moto da accelerato come è si cangiasse in uniforme (§. 270); si ponga su di O il detto peso di una dramma; talchè possa egli scorrere lo spazio di tre pollici nel primo secondo di tempo, come si è veduto (§. 385). Sia cotesto peso aggiunto rappresentato dalla barra

QR.

QR. Adattato quindi il cerchio S, che è scorrevole lungo l'asta AB, precisamente alla divisione dei tre pollici sull'asta medesima, si pongano in libertà nel tempo stesso il grave O, e il Pendolo K. Osservando attentamente si vedrà, che il mentovato grave giugnerà ai tre pollici precisamente alla battuta del primo secondo, come nell'esperimento antecedente: ma poichè, incominciando egli nel punto medesimo ad attraversare il cerchio S, verrà obbligato a deporre su di quello la barra QR; ognun concepisce, che la forza acceleratrice cesserà di operare fin da quell'istante, e conseguentemente che il moto da accelerato che era, si cambierà in uniforme. Per la qual cosa si scorgerà ad evidenza, che il grave O alla battuta del secondo seguente si troverà esattamenre sulla divisione di nove pollici; dimanierachè trapasserà egli sei pollici in questo secondo di tempo, laddove nel primo ne avea scorsi tre.

387. Per ciò, che riguarda gli spazj, che presi separatamente sono tra se come i numeri dispari 1, 3, 5, ec. (§. 372); basta il proseguire a far uso della preparazione adoperata fin quì; caricando cioè il grave O del peso di una dramma. Conciossiachè ponendo in libertà il grave, e il Pendolo nel modo già detto, si scorgerà, che alla battuta del primo tempo, il grave O sarà giunto alla divisione di 3 pollici; nel secondo tempo si troverà su quella di 5 pollici; nel terzo tempo su quella di 7; e così in appresso. Nella guisa medesima si può provare, che gli spazj presi unitamente fin dal principio della discesa, sono come i quadrati dei tempi (§. 372).

388. Tutti questi esperimenti, ugualmente che i moltissimi altri, che istituir si sogliono colla descritta Macchina, possono variarsi in mille guise con accrescere, oppur con diminuire la forza acceleratrice; imperciocchè l'esattezza, e la costante uniformità dei risultati renderanno semprepiù luminose le fin quì dichiarate teorie. L'unica di queste Macchine, che finora esiste nella perfezione fattale dare a mia richiesta dal celebre Ramsden, può vedersi nella nostre R. Accademia dei Cadetti, unitamente ad una gran serie di altri stromenti di simil natura.

389.

389. Gioverà sapere in ultimo, che quantunque la quantità dello spazio, che abbiam detto (§. 380) descriversi dal grave liberamente cadente, sia di 15 piedi a un di presso in quei luoghi, che giacciono quasi nel mezzo tra l'Equatore, e i Poli; tuttavolta però costa da osservazioni praticate in varj siti della Terra, che la gravità dello stesso corpo si scema a misura che si è più vicino all'Equatore, e si aumenta andando verso i Poli. Il primo a scuoprire siffatta verità fu il celebre Richer, il quale essendo nell'Isola di Cajenna, che è lontana meno di cinque gradi dall'Equatore, fu obbligato a scortare il suo Pendolo di una linea, ed un quarto, per far sì, che le sue oscillazioni fossero di egual durata con quelle, che il detto Pendolo facea in Parigi. Ora essendo vero, siccome si proverà a suo luogo, che in Pendoli, che fanno le loro oscillazioni in tempi uguali, la forza di gravità, onde sono animati, è come le lunghezze dei Pendoli stessi; non si avrà motivo di dubitare, che la gravità sia maggiore in Parigi, che nella Cajenna, ove la lunghezza del Pendolo si dovè render minore. E quantunque sospettar si possa, che la verga del Pendolo di Richer si fosse alquanto allungata nella Cajenna, per cagione del gran calore del clima (§. 26); nulladimeno si è veduto, che siffatto allungamento non potea giammai esser tale, che obbligasse Richer a scortare il suo Pendolo di una linea, ed un quarto.

390. Siam di ciò pienamente convinti in forza dell'esperimento praticato dal signor de la Hire, il quale avendo esposta al cocente Sole di State una verga di ferro, la cui lunghezza era di sei piedi in tempo d'Inverno, rilevò di essersi quella allungata due terzi di una linea. Per la qual cosa, se una verga di sei piedi esposta a quel violento calore non si allungò, se non se di $\frac{2}{3}$ di una linea, non si avrà la menoma difficoltà a persuadersi, che la verga del Pendolo di Richer, la quale era lunga soltanto tre piedi; e che nel luogo, ove egli la tenea, non era certamente esposta ad un calore sì violento; non potea soffrire un allungamento maggiore di un quarto di linea, in forza del calore, che regna nelle regioni pros-

prossime all' Equatore, siccome fu osservato da Newton.

391. Per poter pienamente comprendere, onde avvenga la mentovata varietà nel peso dei corpi nei differenti luoghi della Terra, prescindendo dalla sua figura sferoidèa, uopo è rammentarsi, che il nostro Globo terraqueo muovesi costantemente intorno al suo asse nello spazio di 24 ore. Ciò fa sì, che tutte le sue parti posseggano una forza centrifuga (§. 137); la quale deve esser maggiore in quelle, che occupano l' Equatore terrestre, e minore di mano in mano in quelle altre, che si vanno approssimando ai Poli, ove la detta forza dee ridursi a nulla; attesochè abbiam veduto, che la forza centrifuga, date le altre cose uguali, si aumenta in ragione del raggio. Quindi immaginandosi, che un corpo situato in diverse distanze dall' Equatore, si muova sui cerchj, che son tutti paralleli all' Equatore medesimo; si scorgerà con dare una occhiata all' annessa Figura, che i raggi di cotesti cerchj GC, HD, IE, KF, si van facendo minori a proporzione, che si approssimano al Polo B. Or avendo la forza centrifuga la sua massima energia nell' Equatore, e la minima nei Poli; ed essendo manifesto d' altra parte, che ella contrasta, e tende a distruggere quella di gravità; ne siegue, che l' efficacia di questa ultima dovrà esser la minima sotto l' Equatore, la massima nei Poli; e quindi dee andar scemando, o crescendo, a misura che il grave è più prossimo all' Equatore, oppur si avvicina ai Poli. A produrre il qual effetto vi si accoppia un' altra cagione, che è questa. La forza centrifuga nelle parti equatoriali della Terra opera in direzione direttamente opposta a quella di gravità; laddove si va facendo obbliqua di mano in mano col discostarsi dall' Equatore. La qual cosa dee far sì, che l' efficacia della forza centrifuga nel contrastare quella di gravità, sarà maggiore nell' Equatore, e si andrà scemando col proceder verso i Poli. Se faremo uso della già dichiarata risoluzione delle forze, si potrà nel massimo lume la ragione di tutto questo. Tav. IX. Fig. 36.

392. Supponendo, che la forza centrifuga in M venga espressa da MO; potrà questa risolversi in MN, Tav. IX. Fig. 36.

NO (§.282), prolungando GM verso N, fino a tanto che vi si possa tirare dal punto O la retta perpendicolare ON. Ora ognun vede, che di queste due forze la sola NM contrasta la forza di gravità, che opera nella direzione GM; poichè la rimanente NO non ha veruna influenza su di quella: in C all'opposto tutta la forza centrifuga viene impiegata a contrastare quella di gravità. Per la qual cosa raccogliendo insieme le cose già dette, si troverà da una parte, che l'energia dalla forza centrifuga in C è all'energia della medesima forza in M, come il raggio GC è ad LM (§. 391). Dall'altra parte si troverà poi, che la mentovata energia espressa da LM, attesa la direzione in cui opera, non è tutta impiegata a contrastare, ed a scemare la gravità; ma che l'energia totale è alla porzione di essa, che la contrasta efficacemente, come OM ad MN; ossia come GM è ad LM, per ragione della simiglianza dei due triangoli OMN, MGL. Dunque la forza centrifuga, che si oppone alla forza di gravità in C, è a quella porzione della forza centrifuga, che si oppone efficacemente alla gravità in M, nella duplicata ragione di GM ad LM. Ma GM è il raggio, ed LM è il seno dell'arco AM, ch'è il complemento della latitudine. Dunque sarà generalmente vero, che la diminuzione di gravità sotto l'Equatore è alla diminuzione della gravità medesima in qualunque altra parte frapposta tra l'Equatore, e i Poli, come il quadrato del raggio è al quadrato del seno complemento della latitudine di quel tal luogo.

393. Per poter poi concepire qual sia il rapporto tra la forza centrifuga, e quella di gravità sotto dell'Equatore; ovvero di quanto la forza di gravità vengasi quivi a scemare per virtù della forza centrifuga, sarà necessario il considerare, che i corpi cadenti descrivono lo spazio di 15 piedi a un di presso (§.380) nel tratto di un secondo nei siti equatoriali: all'incontro la misura della forza centrifuga viene espressa dalla perpendicolare tirata dalla tangente alla curva (§.139); la quale perpendicolare per un arco di 15 gradi, cui la Terra scorre rivolgendosi intorno al suo asse in tempo di un secondo, è di linee 7, 5581: che val

quan-

quanto dire, che se i corpi esistenti nei siti equatoriali della Terra non fossero ritenuti dalla gravità durante il moto di ruotazione di quella, scappando essi via dalla sua superficie per la tangente, se ne allontanerebbero per linee 7, 5581, nell'intervallo del primo secondo. Or linee 7, 5581 sono contenute 286, 77 volte nell' indicato spazio di 15 piedi, che si discende dai corpi per virtù della gravità. Dunque la forza centrifuga sotto l' Equatore è $\frac{1}{287}$ parte di quella di gravità; ben inteso però, che ella si va scemando nel discostarsi dall' Equatore medesimo, a misura che si scema la grandezza dei paralleli terrestri.

ARTICOLO II.

Del Moto dei Corpi per Piani inclinati.

394. Possono i gravi farsi discender per piani, più, o meno inclinati all' orizzonte, invece di farli liberamente cader dall'alto in direzioni perpendicolari, siccome abbiam supposto finora.

395. Or affine di porre in chiaro le leggi seguite dai corpi in siffatta sorta di movimento, gioverà moltissimo il riflettere, che se il piano, lungo il quale il corpo si fa discendere, fosse perfettamente verticale, qual sarebbe il piano rappresentato da D C K L; in tal Tav. IX. caso il detto corpo, cui chiameremo A, prescindendo Fig. 17. dallo sfregamento, che soffrir dovrebbe radendo la superficie di tal piano, cadrebbe liberamente giù per forza dell' intiera sua gravità, ossia della gravità assoluta, siccome quella, che non incontrerebbe la menoma resistenza in una tale discesa. Non così avverrebbe però essendo il piano in situazione perfettamente orizzontale, come B C M N; imperciocchè allora l' intiera gravità del corpo A sarebbe distrutta dal piano medesimo, mercè della resistenza, che questo farebbe contro di quella, che direttamente lo preme; talmentechè la gravità sarebbe una forza morta, ed in conseguenza del tutto priva di effetto (§. 102). Per la qual cosa egli è naturale l' immaginare, che se cotesto pia-

no, invece di essere perfettamente verticale, o orizzontale, fosse più, o meno inclinato all'orizzonte, la gravità del corpo A non sarebbe nè intieramente libera nella sua azione, nè intieramente contrastata e distrutta; ma diverrebbe più, o meno efficace, a misura che la direzione del piano si approssimerebbe più alla direzion verticale, oppure all'orrizzontale. Figuriamoci in fatti cotesto piano inclinato rapresentato da ECKO. Poichè la forza di gravità sollecita sempre i gravi a càder giù in direzioni perpendicolari all'orizzonte; il corpo A, che pel mentovato piano discende, premerà contro di esso nella direzione FH. Or supponendo la gravità di A uguale ad FH; è manifesto potersi quella risolvere in FI, ed FG; l'ultima delle quali essendo parallela alla superficie ECKO del piano; e conseguentemente non premendo contro di quello, nè essendo da quello contrastata; ci fa evidentemente scorgere, che essa soltanto rimane libera, ed intatta, e perciò capace a far discender giù il corpo A; giacchè l'altra porzione FI premendo direttamente contro il piano, viene intieramente distrutta dalla riazione di quello. Dal che si rileva ad evidenza, che un corpo qualunque non iscende per un piano, se non se con una porzione soltanto della sua gravità assoluta: e siccome cotesta porzione di forza, paragonata alla forza totale di gravità di quel corpo, si trova esser maggiore, o minore, a misura che la inclinazione del piano è più, o meno notabile, così se l'è dato giustamente il nome di *Gravità relativa*.

Tav. IX. Fig. 37.

396. Egli è poi cosa agevolissima il determinare il mentovato rapporto fra la gravità assoluta, e la relativa, tostochè, facendo uso della dichiarata costruzione (§. 395), vogliasi considerare, che i due triangoli HFG, ed ECB, sono simili, per esser i due lati FH, FG, paralleli ad EB, EC; e quindi l'angolo HFG uguale a BEC, per essere gli angoli in G, ed in B, retti. Per la qual cosa FH sarà ad FG, come EC ad EB. Ma EC è la lunghezza del piano, ed EB la sua altezza. Sarà dunque generalmente vero, che la gravità assoluta di un corpo, che scende per un piano inclinato, è alla sua gravità relativa, come la lunghezza del piano è all'altezza del medesimo.

Tav. IX. Fig. 37.

397.

397. Volendosi ricorrere ad un semplicissimo esperimento, potrà rendersi palpabile l'evidenza di una tal verità. Si collochi il mobile A, alla cui superficie stia legato il cordellino AE, sul piano inclinato BCLK; e fatto passare il detto cordellino sulla girella E in maniera tale, che sia egli paralleio alla superficie del piano BCLK (essendo questa la direzione la più vantaggiosa, in cui si possa applicar la potenza), si pongano dei pesi di mano in mano sulla bilancetta F, sino a tanto che i medesimi unitamente alla bilancia formino un perfetto equilibrio col mobile A. E' chiaro da ciò, che si è detto (§. 395), che una porzione di A essendo sostenuta dal piano BCLK; e la forza, che lo sollecita a discendere, non essendo che la sua gravità relativa; i pesi da porsi nella bilancia F debbono contrastare unicamente cotesto residuo di gravità, ed uguagliare il medesimo per formare equilibrio con A. Per la qual cosa siccome l'intiera massa di A ci esprimerà la sua gravità assoluta; i pesi, e la bilancia F, ci esprimeranno la sua gravità relativa. Or facendone il saggio si troverà, che il peso di A è ai pesi contenuti in F, come BC è a BD; dimanierachè se BC sarà lungo quattro palmi, e BD due, si troverà di essere stato necessario di caricar la bilancia F del peso di tre libbre per mantener equilibrato il corpo A del peso di sei libbre; ed ognun vede, che 4 è a 2, come 6 a 3. Tav. X. Fig. 18.

398. Che se il piano anzidetto si abbassi in modo, che divenga GC, senza alterare in menoma parte il mobile A; scorgerassi ad evidenza, che essendo GD, per esempio, di un palmo, basterà soltanto un peso di una libbra e mezza in F, per equilibrarsi con A; poichè $1\frac{1}{2}$ libbra è a 6 libbre, come 1 palmo, ch'è l'altezza del piano, è a 4 palmi, ossia alla lunghezza del medesimo. Tav. X. Fig. 18.

399. Se la lunghezza del piano BC si prenda per raggio, l'altezza BD sarà il seno dell'angolo d'inclinazione BCD. Che però sarà generalmente vero, che la gravità assoluta di un corpo, che discende per un piano inclinato è alla sua gravità relativa, come il raggio è al seno dell'angolo d'inclinazione del piano. Tav. X. Fig. 18.

Tav. X. Fig. 17. 400. Il mentovato residuo di gravità, ossia la gravità relativa FG, essendo della medesima natura che la gravità assoluta, di cui è parte, deve conseguentemente generare in ogn' istante il medesimo elemento di velocità, e quindi produrre nel grave, che scende pel piano, un moto uniformemente accelerato: onde è poi, che la velocità di siffatti corpi esser dee come i tempi; che gli spazj corsi, considerati separatamente in ciascheduno istante, esser debbono come i numeri dispari; laddove considerati dal principio della discesa, sono come i quadrati dei tempi, ossia delle velocità; che le velocità sono come le radici delle altezze; e finalmente, che la velocità acquistata dal mobile nel fine della sua discesa è tale, che movendosi uniformemente con quella, correr potrebbe un doppio spazio nel medesimo intervallo di tempo. In somma le leggi della discesa dei corpi per piani inclinati, sono precisamente le medesime, che abbiam detto osservarsi dai corpi, che si fanno cadere liberamente dall' alto; e le une ugualmente che le altre furono rintracciate dal gran Galilei; e sono servite di saldo fondamento, e di guida ai gran Filosofi dei tempi posteriori, per far dei nuovi importantissimi ritrovati.

ARTICOLO III.

Del moto dei Corpi per Piani inclinati, paragonato al moto libero verticale.

401. Dichiarate le dottrine contenute nell' Articolo antecedente, porta ora il pregio di determinare il rapporto tra il moto di uno stesso corpo, il quale scenda per piani inclinati, e tra quello, che egli possiede, qualor facciasi cadere liberamente dall' alto: e siccome ragionandosi di moto, le cose, a cui si dee aver riguardo, sono lo spazio, la velocità, ed il tempo; così ragion vuole, che passiamo ora ad esaminarli partitamente.

402. Direm dunque in primo luogo, che la velocità, che un grave trovasi avere dopo di esser disceso per un determinato tempo lungo un piano inclinato,

to, è alla velocità, che egli acquisterebbe scendendo durante lo stesso tempo liberamente, ed a perpendicolo, come l'altezza del piano è alla lunghezza del medesimo; che val quanto dire come A B è ad A C. La ragione di ciò riesce evidentissima, qualor si rammenti di aver noi già provato (§. 396), che la gravità relativa, ossia quella, con cui un corpo discende per un piano inclinato, è alla gravità assoluta, ossia a quella, onde scende giù liberamente dall'alto, come l'altezza del piano è alla lunghezza del medesimo. Ora coteste due forze acceleratrici essendo ambedue della medesima indole; e generando entrambe in ciascuno istante elementi di velocità a loro proporzionali; ne siegue per conseguenza, che le velocità da esse generate durante lo stesso tempo, saranno tra loro nella proporzione delle forze stesse, ossia come A B, che è l'altezza del piano, ad A C, che è la lunghezza del medesimo. Tav. X. Fig. 19.

403. E' chiaro parimente in secondo luogo, che lo spazio corso da un grave, scendendo per un piano inclinato durante un dato tempo, è a quello, cui correrebbe nel tempo stesso, se scendesse giù liberamente, ed a perpendicolo da uno stato di riposo, esattamente nella mentovata proporzione; cioè a dire come l'altezza del piano è alla sua lunghezza. Imperciocchè essendo ambidue i moti uniformemente accelerati, gli spazj descritti contemporaneamente verranno espressi da due triangoli, che avran le altezze uguali, dinotando queste i tempi, che già si son supposti tali: saranno dunque gli spazj descritti dal grave in un determinato tempo, sia nel discendere obbliquamente per A C lungo il piano, sia nel cader giù a perpendicolo lungo la retta A B, come i suddetti triangoli, ossia come le loro basi, e quindi ancora come le velocità da queste dinotate (§. 96). Ma siffatte velocità abbiam detto (§. 403) esser tra loro come A B è ad A C; che val quanto dire come l'altezza del piano è alla sua lunghezza. E' dunque chiaro, che gli spazj, di cui si ragiona, saranno eziandio nella medesima proporzione. Tav. X. Fig. 19.

404. Quindi tirando dal punto B una retta perpendicolare ad A C, si avrà un metodo agevolissimo per de- Tav. X. Fig. 19.

determinare lo spazio corso dal grave, ossia il punto D del piano, a cui il corpo A giugnerebbe in fine del tempo, che un altro simil corpo impiegherebbe per iscender verticalmente dallo stesso sito A fino a B. Imperciocchè, attesa la simiglianza dei triangoli A B C, A B D, A C è ad A B, come A B è ad A D; ossia come l' altezza perpendicolare alla porzione data del piano.

405. In virtù della proposizione testè dimostrata, e coll'ajuto del facilissimo metodo quì ora proposto, si può render parimente evidentissima un'altra verità interessante, qual'è quella, che un grave impiega tanto tempo nel discendere lungo l' intiero diametro verticale di un cerchio, qual sarebbe A B, quanto ne consuma per iscorrere lungo qualsivoglia delle sue corde; quali sarebbero A D, A E, D B, E B, ec. Di fatti, se A C fosse un piano inclinato; tirando la retta B D, che è perpendicolare ad A C, per esser l' angolo A D B nel semicerchio, e conseguentemente retto; si vedrebbe, che il corpo A scenderebbe fino al punto D nel tempo precisamente, che impiegherebbe per iscendere liberamente lungo l'altezza A B del piano (§. 405). Similmente essendo A F il piano inclinato; col tirare la retta B E, perpendicolare ad F A per la testè mentovata ragione; si scorgerebbe in simil guisa, che il grave A descriverebbe lo spazio A E durante il tempo, che egli impiegherebbe per iscendere lungo il divisato diametro A B. Egli è dunque evidente, che il corpo A impiegherebbe lo stesso tempo appuntino sì per iscendere lungo l' intiero diametro A B, che lungo le intiere corde A D, A E. Tirando poscia le rette A G, G B, parallele, e conseguentemente uguali a D B, A D; si scorgerà di leggieri, che essendo BG perpendicolare al piano inclinato A G, per esser l'angolo G retto; il grave A scorrerà lo spazio A G nel tempo che scenderebbe lungo il diametro A B. Ma G B, G A, sono uguali ad A D, D B; ed A scorre lungo A D, ed A G, nel tempo che dovrebbe impiegare per iscendere lungo A B. Dunque il diametro A B, e le corde A D, A E, A G, G B, B D, sono trapassate dal grava A esattamente nel medesimo spazio di tempo. Cioc-

Tav. X. Fig. 40.

Ciocchè si può dimostrare eziandio di altre corde qualunque.

406. Ricorriamo ai fatti, che confermano mirabilmente una tal verità. G H I K è un gran piano verticale, su cui è segnato il cerchio A B C D. A E è un regolo scannellato, il quale adattandosi col suo estremo A ora su 'l punto A, ed ora su 'l punto C della circonferenza del detto cerchio; e movendosi intorno a quelli come intorno ad un asse; può esattamente rappresentare, collo scorrer su, e giù, qualunque corda di un tal cerchio. Or se questo regolo si addatti al punto A secondo la direzione A E, esprimerà egli la corda A E del cerchio A B C D. In tale stato di cose collocate due picciole palle contigue l'una all'altra nel sito A, e ritenute da due diverse molle; si vedrà, che qualora ambedue coteste molle faransi scattare nell'istante medesimo, le due palle messe in libertà in siffatta guisa, scenderanno, una per la scannellatura A E, e l'altra perpendicolarmente lungo il diametro A C, ed andranno a percuotere i punti E, e C, nel medesimo tempo; tranne il picciolissimo divario, che nasce dallo sfregamento, cui soffre una delle palle nello scórrere lungo la scannellatura del regolo A E. Se l'indicato regolo si adatti al punto C, lungo la corda C F, rappresenterà egli siffatta corda. Per la qual cosa collocata una palla in A, e l'altra in F; e quindi rilasciate nel tempo stesso tutte e due le loro rispettive molle; si scorgerà, che la palla discesa per F C, arriverà giù nell'istesso istante, in cui vi giugnerà la palla discesa per A C. Variando la situazione del regolo, e adattandolo a qualunque altra corda, si otterranno sempre i medesimi risultati. Tav. X. Fig. 41.

407. Finalmente riguardo al tempo, che il grave impiega nello scendere lungo il piano, convien sapere, che siffatto tempo, paragonato a quello, che il grave impiegherebbe per iscendere a perpendicolo dall' alto del piano fino all' orizzonte è precisamente come la lunghezza del piano alla sua altezza; che val quanto dire, che i tempi sono tra loro come gli spazj. La ragione si è, che essendo i tempi nel moto equabilmente accelerato come le radici degli spazj (§. 376);

Tav. X. Fig. 39. (§. 376); il tempo, che il grave impiegherà a discendere per A C, sarà al tempo, che impiegherà a calare per A D, come la radice di A C alla radice di A D; che val quanto dire come A C ad A B; attesochè le tre rette A C, A B, A D, sono tra se in proporzione continua. Ma il tempo impiegato nel trascorrere A D è uguale al tempo, che si richiede per iscendere A B, siccome abbiam già dimostrato (§. 405): dunque il tempo, che il grave impiegherà per iscendere lungo A C, sarà al tempo, che egli consumerà per iscendere lungo la perpendicolare AB, come A C ad A B; ossia come la lunghezza del piano è all'altezza del medesimo.

408. Comecchè il tempo della caduta libera del grave per la intiera altezza del piano sia più breve di quello, che impiega nello scendere per la lunghezza del piano stesso, nondimeno però le velocità acquistate da esso grave nel fine di ambedue coteste discese per A B, od A C, sono tra se uguali. Eccone il perchè. Il grave cadendo lungo il piano inclinato AC, avrà la velocità in C a quella, che ha avuto in D, come la radice di A C alla radice di A D; cioè siccome A C ad A B. Similmente la velocità, che il corpo col moto libero verticale acquista in B, sta alla velocità, che il grave cadente pel piano inclinato ha in D, nella medesima ragione di A C ad A B (§. 403). Sarà dunque la velocità, che il mobile ha in C, a quella in D, come la velocità in B alla medesima velocità in D. E quindi la velocità in B acquistata dal corpo cadente col moto libero verticale, è uguale a quella in C, acquistata dal corpo, che scende pel piano inclinato A C.

Tav. X. Fig. 39.

409. Dalle quali cose chiaramente si rileva, che un corpo qualsivoglia, il quale cada giù da un'altezza qualunque, giunto che sia al punto infimo della sua discesa, troverassi aver sempre la medesima velocità, tanto se vi cada a perpendicolo, quanto se siegua la direzione di un piano inclinato, il quale abbia la medesima altezza. Si deduce in simil guisa, che dato un numero qualsivoglia di piani di diversa lunghezza, diversamente inclinati all'orizzonte, purchè abbiano la medesima altezza, la velocità, che un gra-

grave troverassi avere acquistata collo scendere separatamente lungo i medesimi, sarà sempre la stessa nel fine della caduta. Come in fatto essendosi provato, che sì la velocità del corpo, che è disceso per A D, quanto quella del corpo, ch'è disceso per A E, uguaglia la velocità, che siffatti corpi acquisterebbero scendendo a piombo per A B; è or chiaro, che le due velocità per A D, e per A E, si uguagliano tra loro. Lo stesso potrebbesi dimostrare di qualunque altro numero di piani, che avessero A B per loro altezza comune. Tav. X. Fig. 40.

410. Supponghasi ora, che un grave venga obbligato a discendere successivamente per varj piani, le cui estremità sieno insiem congiunte alla guisa di A B, BC, CD,: in tal caso, non tenendo alcun conto del ritardo, che il mentovato grave viene a soffrire coll'urtare contro gli angoli; la velocità, che egli si troverà avere acquistato nel punto D, sarà esattamente uguale a quella, che acquisterebbe cadendo giù per la perpendicolare EF. Ciò è una immediata conseguenza della verità antecedentemente (§. 409) dimostrata. Imperciocchè, se egli è vero, che la velocità dei corpi, i quali si fan discendere per piani diversamente inclinati, è sempre la medesima nel fine della discesa, quante volte cotesti piani hanno la medesima altezza; tirando pei due punti A, e D, due rette parallele A E, D F, e prolungando il piano C B verso G, e il piano D C verso E; scorgerassi ad evidenza, che, attesa la medesima altezza dei piani A B, G B, un grave giunto nel punto B, acquisterà la stessa velocità scendendo per A B, che per G B. Similmente attesa l'uguale altezza de' piani G C, ed E C, la velocità del grave nel punto C sarebbe la medesima sì nello scendere per E C, che per G C: ma la velocità per G C abbiam dimostrato essere uguale alla velocità acquistata per A B, e B C: per conseguenza la velocità per E D uguaglierà quella, che si acquista per A B, B C, e C D. Ma un grave scendendo per E D, trovasi aver nel fine una velocità uguale a quella, che si produrrebbe mercè la discesa perpendicolare E F. Egli è dunque manifesto, che un corpo cadente, giunto che sia sull' orizzontale D F, ch'è il termine della sua discesa, Tav. X. Fig. 42.

si

si troverà di avere acquistato la medesima velocità, sì scendendo lungo i piani inclinati A B, B C, C D, che nella direzione della perpendicolare E F: prescindendo dal ritardo, che incontra negli angoli accennati. Si propone dai Fisici un metodo agevolissimo per calcolare siffatto ritardo; ma noi quì lo tralasciamo per cagione di brevità.

411. Riducendosi a memoria quel che si è detto altra volta, cioè a dire, che le linee curve possono riguardarsi come poligoni composti di lati infinitamente piccioli; s' intenderà di leggieri, che qualora il numero degli anzidetti piani inclinati, contigui l' uno all' altro suppongasi infinito, e le loro lunghezze infinitamente picciole, si verrà a costituire una linea curva; e quindi sarà vero, che un grave, il quale scenda lungo
Tav. X. una curva, qual sarebbe E D, giunto nel punto D,
Fig. 42. ha la medesima velocità, che acquisterebbe collo scendere per l' altezza perpendicolare E F. E poichè gli angoli, sotto i quali sono inclinati gli elementi contigui di una curva, sono ottusissimi, la diminuzione della velocità, nata dall' urto del mobile contro i suddetti angoli, sarà nulla. Per la qual cosa egli è vero senza niuna restrizione, che la velocità acquistata da un mobile, discendendo per una curva, è sempre dovuta all' altezza, d' onde è cominciato a discendere.

412. Dopo di aver messo in chiaro tutte le particolarità fin quì dette, resta soltanto da avvertire in ultimo luogo, che siccome la stessa forza di gravità la quale accelera la caduta dei gravi nello scendere per piani inclinati, o per linee curve, ritarda la salita di quelli lungo i piani medesimi, oppur lungo le curve; così per distruggere la velocità da essi acquistata nel fine della discesa, uopo è che ascendano per un egual tempo sù di un piano, oppur su di una curva, della medesima lunghezza, ed altezza.

AR-

ARTICOLO IV.

Del Moto dei Pendoli sì semplici, che composti; e quindi del Centro di Oscillazione.

413. Le dottrine fin quì esposte relativamente al moto dei gravi per piani inclinati, ci somministrano grandissimi lumi per l'intelligenza di ciò, che riguarda il moto dei Pendoli. Ognun sa, che dassi la denominazione di *Pendolo* ad un grave qualsivoglia il quale sospeso all'estremità di un filo, possa ciondolare intorno all'altro capo di quello come all'intorno di un centro, e far quindi così le sue vibrazioni. Il punto, a cui è sospeso il filo, dicesi *centro di sospensione*, oppur *di moto*; dovechè il centro della palla o del corpo, che oscilla, si denomina *centro di oscillazione*; e la distanza, che v'ha tra questi due punti, determina la vera lunghezza del Pendolo. Ora immaginiamoci di porre in moto un Pendolo di questa sorta, e veggiamo cosa ne siegue. Se egli, che nello stato di riposo è nella situazione di AB, si sollevi sino al punto C, e quindi si lasci di là liberamente cadere; avvertà certamente, che tratto giù dalla forza della sua gravità, scenderà da C verso B, descrivendo la curva CB, come se scendesse pel piano inclinato CB. Giunto al punto B, il suo movimento non si arresterà in verun modo, per la ragione, che trovandosi nel fine della sua discesa fornito di una velocità uguale a quella, che avrebbe acquistato col cadere lungo la perpendicolare EB (§.409), sarà spinto da quella in su per la parte opposta lungo l'arco BD, e descriverà una proporzione di arco uguale a CB, per cui è disceso; corrispondentemente a ciò, che si è dichiarato nel §.412: la quale porzione di arco BD sarà dal Pendolo corsa in uno spazio di tempo uguale a quello, che ha impiegato nello scendere per CB. Giunto poscia in B, verrà egli obbligato di bel nuovo a rimontar fino a C, per la stessa ragione proposta; e così continuerà ad oscillare costantemente verso l'una, e l'altra parte, facendo Tav. X. Fig. 41.

le

le sue vibrazioni *isocrone*, o vogliam dire della stessa durata.

414. Si è detto, che le vibrazioni sono isocrone, e che il Pendolo messo in moto una volta continuerà a muoversi per sempre, sulla supposizione, ch'egli non soffra alcun ritardo per cagioni esteriori. Ciò però non può giammai succedere in Natura, per cagion della continua resistenza, che l'aria oppone al suo moto, ed a motivo dello sfregamento, che esso soffre nel muoversi intorno al suo punto di sospensione: le quali cose fan sì, che in un Pendolo messo in moto, e quindi lasciato in sua balìa, si vada scemando di grado in grado la lunghezza, e la durata delle sue vibrazioni, fino a tanto che in ultimo si mette in riposo; qualora però non vi sieno cagioni esteriori, che gli rinnovino di continuo il moto impresso da prima.

415. Egli è poi da osservarsi, che se le vibrazioni dei Pendoli si facciano eseguire su di archi sommamente piccioli; quantunque i medesimi sien tra se disuguali, pure le vibrazioni anzidette si faranno in tempi sensibilmente uguali. Di ciò n'è garante la esperienza, la quale ci fa vedere, che due Pendoli, i quali si facciano oscillare su due piccioli archi disuguali, prosieguono per lungo tratto di tempo ad incominciare, e finire le loro oscillazioni nel medesimo istante. Oltreachè n'è benanche chiara la ragione. Trattandosi di archi piccioli, e per conseguenza di vibrazioni di brevissima durata, le mentovate cagioni di ritardamento, ossia lo sfregamento, e la resistenza dell'aria, non possono produrre su i Pendoli un effetto sensibile. Si aggiunge a ciò, che quando gli archi
Tav. X. per esempio, CB, ed IB su di cui facciasi oscillare
Fig. 43. il Pendolo AB, sono sommamente piccioli, possono essi senza tema di errore confondersi colle loro corde BC, e BI. Ma tutte le corde, comechè disuguali, vengono trapassate dai gravi in tempi uguali (§. 406) Dunque il Pendolo AB dovrà impiegare lo stesso tempo sì nel cadere da C in B, che da I in B. Questa si è la dimostrazione, che di un tale importante teorema comunemente vien data dai Matematici sintetici; ma gli analitici non la riguardano come legittima:

giac-

giacchè secondo un tal raziocinio, il tempo di una semioscillazione esser dovrebbe uguale alla durata della caduta per la doppia lunghezza del Pendolo; quandochè l'un tempo sta all'altro, come le semicirconferenze al quadruplo raggio, secondo i risultati dell' Analisi.

416. Che se gli archi sono simili, ma i Pendoli abbiano differente lunghezza: in quel caso i tempi delle loro vibrazioni saranno tra se come le radici quadrate delle loro lunghezze. Tal sarebbe il caso dei Pendoli AG, ed AB, il primo de' quali oscillasse lungo l'arco FG e l'altro lungo il suo simile CB. Tav. X. Fig. 41.
Concepiremo agevolmente siffatta verità col rammentarci, che essendo gli archi FG, CB simili e similmente posti; il tempo, che impiegherà il Pendolo AG nell'oscillare per FG, sarà al tempo, che consumerà il Pendolo AB per iscorrere su CB, come la radice del primo spazio corso alla radice del secondo; ossia come la radice di FG alla radice di CB. Ma è dimostrato in Geometria, che gli archi simili sono nella ragione dei loro raggi. Dunque il tempo della vibrazione per FG è al tempo della vibrazione per CB, come la radice quadrata di AG, che è la lunghezza del primo Pendolo, alla radice quadrata, di AB, che esprime la lunghezza del secondo. Se ciò è vero per le metà di siffatte vibrazioni FG, e CB, sarà vero parimente per le vibrazioni intiere FH, e CD.

417. Si prendano in fatti due Pendoli, uno dei quali sia lungo 39 pollici Inglesi, e $\frac{2}{10}$, e l'altro 9, ed $\frac{8}{10}$; e si vedrà, che il primo farà la sua oscillazione in tempo di un secondo, giusta gli esperimenti del Dottor Halley, e l'altro in tempo di mezzo secondo; essendo la radice di 39 $\frac{2}{10}$, che è la lunghezza del primo Pendolo, alla radice di 9 $\frac{8}{10}$, che è la lunghezza del secondo Pendolo, come 1 ad $\frac{1}{2}$.

418. S'egli è fuor di dubbio, che i tempi delle vibrazioni dei Pendoli sono come le radici quadrate delle loro lunghezze (§. 418), sarà indubitato parimente, che le lunghezze dei Pendoli saranno tra se come i quadrati dei tempi delle loro vibrazioni; dimanierachè siccome dal sapere le lunghezze di due

Pen-

Pendoli, si rileva agevolmente il tempo, in cui ciascuno di essi eseguir dee le sue vibrazioni (§. 419), così dato il numero delle vibrazioni fatte da due Pendoli in un dato tempo, si vien tosto in cognizione delle loro rispettive lunghezze. Per la qual cosa essendo già noto, che il Pendolo A G fa due vibrazio-
Tav. X. Fig. 43. ni in tempo che A B ne fa solamente una, si avrà un sicuro argomento, che A B, è quattro volte più lungo di A G, per esser 4 il quadrato di 2, ed 1 il quadrato di 1. Quindi volendo sapere qual dovrà esser la lunghezza di un Pendolo, atto a fare un certo numero di oscillazioni in un dato tempo: suppongasi 50 in un minuto; non si ha a far altro, che istituire la proporzione, dicendo: come il quadrato di 50 (numero richiesto di oscillazioni) è al quadrato di 60 (numero di oscillazioni di un Pendolo a secondi); così 39 $\frac{2}{10}$ (lunghezza del Pendolo a secondi) è al quarto proporzionale; che si troverà essere pollici 56 $\frac{4}{10}$. Per la qual cosa un Pendolo di tal lunghezza farà 50 oscillazioni in tempo di un minuto.

419. Dalle cose fin quì dette scorgesi manifestamente la ragione del metodo praticato comunemente per regolare i Pendoli; cioè a dire quello di alzare, o abbassare la palla, oppur la lente B, collocata verso la
Fig. 43. loro estremità inferiore; nella qual palla è situato il centro di *oscillazione*, ossia quel punto, in cui concependosi adunata la forza del Pendolo stesso, determina per conseguenza la lunghezza del medesimo. Quindi è che qualora l'oriuolo avvanza, per cagione che il Pendolo esegue con troppa celerità le sue oscillazioni, uopo è portare in giù la palla B, per accrescerne la lunghezza; laddove si solleva quanto conviene, in caso che l'oriuolo ritardi, ad oggetto di accorciare la lunghezza del Pendolo. Con ciò si rende manifesto eziandio il motivo della gran variazione, che soffrono gli oriuoli per cagion di caldo, o di freddo, onde si allunga, oppur si accorcia la verga del Pendolo, siccome osservammo nel §. 26; e si può intender similmente la ragion del meccanismo di quei tali Pendoli, i quali son costrutti in modo, che gli effetti del caldo, e del freddo, non producano in essi alcuna variazione; riducendosi egli soltanto a far sì,

che

che il centro di oscillazione s'innalzi, ovver si abbassi di tanto, di quanto si accorcia, oppur si allunga la verga suddetta, dimanierachè rimanga sempre invariabile la lunghezza del Pendolo.

420. Quì porta il pregio di badare, che qualora il Pendolo serbi esattamente la sua lunghezza, farà sempre le sue oscillazioni nel medesimo tempo, quantunque si alteri il suo peso, sia con accrescerlo, che con diminuirlo. Imperciocchè essendo la gravità proporzionale alla quantità della materia (§. 71); si distribuirà ella egualmente in tutte le parti della materia stessa, e comunicherà a tutte la medesima celerità, come si scorge facendone l'esperimento nel voto (§. 72). Vien ciò confermato ad evidenza da due Pendoli di filo di ugual lunghezza, i quali comechè abbiano nelle loro estremità pesi diversi, fanno tuttavolta le loro vibrazioni in tempi uguali.

421. Prima di passar più oltre fa mestieri avvertir seriamente, che tutte le proposizioni dichiarate in questo articolo riguardano soltanto i Pendoli semplici, ossia quei Pendoli, che si suppongono formati da un solo punto grave esistente in una linea priva di gravità; quantunque convengano eziandio per approssimazione a quegli altri, che son costrutti di un corpo di picciol peso annesso ad un sottilissimo filo. Ma trattandosi di Pendoli composti, cioè a dir di quelli, che son fatti d'ordinario con un peso considerabile attaccato all'estremità di una, o più verghe metalliche; le anzidette dottrine non sarebbero applicabili in verun modo, se i Meccanici moderni, per forza di un profondo studio, non avessero rintracciato un metodo agevolissimo per determinare il *Centro di oscillazione*, ossia un certo punto nel Pendolo composto, la cui distanza dal punto di sospensione uguagli la lunghezza di un Pendolo semplice, il quale faccia le sue vibrazioni nell'istesso tempo, in cui le esegue il detto Pendolo composto. Imperciocchè con questo mezzo il Pendolo composto si riduce effettivamente ad un semplice Pendolo. La gloria di siffatta invenzione appartiensi al celebre Hugenio, seguito poscia con somma lode da Jacopo Bernoulli.

422. Ognun comprende a primo lancio, che una verga metallica, a cui stia annesso un peso considerabile, intanto costituisce un Pendolo composto, in quanto che le varie particelle, onde è formato un tal peso, riguardar si debbono come altrettanti pesi diversi annessi alla verga suddetta: le quali particelle, attesa la diversa loro distanza dal punto di sospensione, debbono conseguentemente oscillare con diverse celerità (§. 416). Che però lo scopo dell'accennato metodo si è quello di ritrovare un punto nella lunghezza di un tal Pendolo, in cui riguardar si possano come accumulate le forze dei pesi, che son fissati su differenti punti della sua verga. Se dunque le accennate particelle, ossia le masse, distribuite nella lunghezza del Pendolo, si moltiplichino per li quadrati delle loro distanze dal centro di sospensione; indi la somma di cotali prodotti si divida per la somma dei momenti delle particelle medesime; il quoziente esprimerà il punto richiesto. Ad oggetto di comprendere colla maggior chiarezza possibile quale sia un tal metodo, uopo è dare una occhiata alla quì annessa Figura.

Tav. X. Fig. 44. 423. Per proporre intanto un caso semplicissimo, suppongasi, che la verga AG rappresenti un Pendolo composto, alla cui lunghezza sieno attaccati i diversi pesi E, F, G. Volendosi le forze di questi ridurre ad un sol punto, che val quanto dire, volendosi determinare il centro di oscillazione nella verga AG; bisogna moltiplicare prima di tutto ciascuno dei pesi E, F, G, separatamente per lo quadrato della sua rispettiva distanza dal comun punto di sospensione A; dimodochè convien moltiplicare E pel quadrato di AE; F pel quadrato di AF; e G pel quadrato di AG: indi è necessario unire insieme tutti siffatti prodotti. Ciò fatto, si ripeta la moltiplicazione di ciascuno degli indicati pesi per la *semplice* sua distanza dall'anzidetto comun punto di sospensione. Si divida poscia la somma dei primi prodotti già ritrovati, per la somma di questi ultimi; e il quoziente esprimerà la distanza, che il centro di oscillazione si troverà avere dal punto A. Rendiam questo me-

metodo più chiaro per via di un esempio. Sia il peso E di una libbra; F di due libbre; e G di tre. La distanza A E sia di un piede; A F sia di tre piedi; ed A G di quattro. Il peso E moltiplicato pel quadrato di A E; che val quanto dire 1 moltiplicato per 1, dà per prodotto 1. Il peso F moltiplicato pel quadrato di A F; cioè a dire 2 moltiplicato per 9, dà per prodotto 18. Finalmente il peso G moltiplicato per A G; ossia 3 moltiplicato per 16, dà per prodotto 48. La somma di questi tre prodotti, che sono 1, 18, 48, è 67: il qual numero uopo è, che si noti a parte. Ripetendo indi la moltiplicazione degli stessi pesi per le *semplici* loro distanze dal centro A, troverassi, che il prodotto di E per A E è 1; il prodotto di F per A F è 6; il prodotto di G per A G è 12: la lor somma è 19. Or poichè il primo prodotto 67 diviso per 19, dà per quoziente $3\frac{10}{19}$; si dovrà esser certo, che il centro di oscillazione nel Pendolo A G è in distanza di tre piedi, e $\frac{10}{19}$ di piede dal centro di sospensione A.

424. Per altro chi volesse schivar qualunque calcolo, e fosse memore soltanto della pura definizione del centro di oscillazione, dichiarata nel §. 421, potrebbe agevolmente determinare siffatto centro mercè di un semplicissimo tentativo. Prendasi un Pendolo semplice; e facciasi oscillare contemporaneamente al Pendolo composto, di cui si vuol rintracciare il centro in quistione: indi si vada raccorciando, oppur si allunghi di tanto, che le sue vibrazioni riescano isocrone a quelle del Pendolo composto. La sua lunghezza trasportata su quella del Pendolo composto, principiando dal punto di sospensione, indicherà il centro richiesto. Così, essendo K I la già determinata lunghezza del Pendolo semplice, ed A G, il Pendolo composto; il suo centro di oscillazione cadrà nel punto H; conciossiachè il punto I combaciandosi col punto H, la distanza di H dal punto di sospensione A si uguaglia precisamente a K I. Tav. X. Fig. 44.

ARTICOLO V.

Dei Lumi somministrati dai Pendoli intorno al moto, ed alla figura della Terra; del loro movimento per Archi cicloidali; e dell' Equazione del tempo.

425. Premesse tutte le rapportate verità, non si durerà la menoma fatica a comprendere, come col mezzo de Pendoli si sia rilevato, che la Terra si aggira intorno al proprio asse; e quindi quale sia la sua vera figura. Mr. Richer fu il primo, il quale ritrovandosi nell' anno 1672 in distanza di pochi gradi dall' Equatore, e propriamente nell' Isola di Cajenna: ed essendo stato incaricato dall' Accademia delle Scienze di Parigi di far delle osservazioni sulla lunghezza del Pendolo a secondi, la quale già si sospettava dover esser varia in luoghi diversi; rilevò, che il suo Pendolo, il quale in Parigi faceva una oscillazione nel tempo di un secondo, oscillava alquanto più lentamente nell' isola suddetta; e quindi scoprì, che Pendoli della medesima lunghezza in cotesti due diversi luoghi della Terra non facevano le loro vibrazioni nel tempo stesso, siccome sarebbesi dovuto aspettare. Osservazioni simiglianti furon fatte in seguito in altri luoghi terrestri dal celebre Halley, da Bouguer, da Maupertuis, e da altri uomini insigni; le quali pruovano concordemente, che le oscillazioni di un medesimo Pendolo si van facendo più veloci di mano in mano a misura che dall' Equatore si procede verso i Poli. Il Pendolo di Richer, per esempio, dovè accorciarsi di una linea ed $\frac{1}{4}$, affinchè facesse le sue oscillazioni nella Cajenna nello spazio di un minuto secondo, siccome l' eseguiva in Parigi; tutto al contrario di ciò, che convenne praticarsi da Maupertuis, il quale ritrovandosi al di là del Cerchio polare Artico, dovè allungare il suo Pendolo di $\frac{7}{10}$ di una linea, acciocchè oscillasse in tempo di un secondo come

me in Parigi. Or se Pendoli di ugual lunghezza fanno le loro vibrazioni in tempi disuguali, uopo è dire, che essi corrono spazj uguali in tempi disuguali: la qual cosa apertamente dimostra, che le forze acceleratrici, ossia le forze di gravità, in cotesti due Pendoli non sono le medesime. E poichè la discesa del Pendolo è più celere presso ai Poli, che verso l' Equatore; ragion vuole, che si conchiuda esser la forza di gravità maggiore nei Poli, che nell' Equatore.

426. La rapportata osservazione di Richer fu dunque la prima, che provò in una maniera dimostrativa, che la Terra si aggira intorno al proprio asse; e che in virtù della forza centrifuga, la cui massima efficacia è nelle parti equatoriali, il peso dei corpi deve esser maggiore nei Poli, che sotto l' Equatore (§. 391). Ciò fece sospettare ad Hugenio, che per l' efficacia di cotesta forza centrifuga si potea far sì, che le parti della Terra fossero più discoste dal centro, e perciò più elevate, sotto l' Equatore, che nei Poli; e quindi che la figura della Terra fosse quella di uno sferoide schiacciato nei Poli, ed alquanto elevato nelle parti equatoriali: tantovieppiù che il Cassini prima dell' anno 1666 aveva osservato un simile schiacciamento nel disco di Giove (§. 184). Come in fatti, se si faccia la rappresentazione del Globo terraqueo col mezzo di due cerchj alquanto flessibili, formati da grosse molle di oriuoli, ed infilati ad un asse, come si scorge nella Figura 45; indi si faccia girar velocemente l' asse A B col mezzo del manubrio C; si vedrà, che in forza del moto di rotazione, i due cerchj D E, F G, i quali erano affatto rotondi, si conformeranno nella guisa espressa dai tratti punteggiati H I, K L; cosicchè elevandosi considerabilmente le parti equatoriali H, I, K, L; i due Poli A, e B, (uno dei quali è sdrucciolevole sull' asse) si approssimeranno l' uno all' altro, e saranno rappresentati in lor vece da A, e da M. Tav. XI. Fig. 45.

427. La conghiettura di Hugenio fu confermata per via delle attuali misure dei gradi del terrestre Meri-

diano, prese verso l'Equatore dai celebri Matematici Godin, de la Condamine, e Bouguer, spediti da Parigi nel 1735 per ordine di Luigi XV; e da quelle, che furon fatte dai loro colleghi Maupertuis, le Monnier, Clairaut, Camus, e l'Abate Outhier, i quali furono spediti verso il Polo settentrionale nel 1736. Il risultato delle loro osservazioni fu tale, che fè decisivamente conoscere esser la Terra uno sferoide schiacciato nei Poli, ed elevato nell'Equatore: e siffatto schiacciamento, giusta i calcoli del sig. Maupertuis, giugne al segno di render la lunghezza del diametro equatoriale rispettivamente a quella del diametro, che unisce i due Poli, come 178 a 177; cosicchè la differenza tra il primo, e il secondo si riduce ad $\frac{1}{178}$ parte dell' intiero asse terrestre, la quale uguaglia presso a poco otto leghe comuni di Francia.

428. Il risultato poi delle osservazioni praticate coi Pendoli sotto l'Equatore, e sotto il Cerchio polare, ci fa sicuramente conchiudere, che la gravità sotto il Cerchio polare supera di $\frac{1}{810}$ parte quella dell'Equatore.

429. L'immortale Galilei fu il primo inventore dei Pendoli, essendosi egli servito di un grave sospeso al capo di un filo, cui faceva oscillare, ad oggetto di misurare il tempo per le operazioni fisiche, ed astronomiche: Hugenio però fu il primo, che si avvisò di applicarli agli oriuoli, affin di avere una esatta, e costante misura del tempo. La prima sua idea fu quella di farli oscillare in archi circolari: ma siccome i Pendoli erano assai brevi, e gli archi molto grandi; ne seguiva di ragione, che le vibrazioni esser non poteano tutte uguali; e conseguentemente che gli oriuoli non poteano mostrare esattamente il tempo, soffrendo delle variazioni di tratto in tratto; essendo pur certo, che l'aria resiste al movimento dei Pendoli, e che tal resistenza divien maggiore a proporzione che quelli fansi oscillare su di archi più grandi. Sappiamo in fatto dalle osservazioni del signor Derham, che qualora il suo Pendolo oscillava nel voto su di archi circolari, le sue oscillazioni erano più

gran-

grandi di $\frac{1}{3}$ di pollice in ciascun lato, che nell'aria, e producevano un ritardo di due secondi per ora. D'altronde facendo egli oscillare lo stesso Pendolo nell'aria su di archi uguali a quelli, che esso descriveva nel voto, ne derivava un ritardo di sei secondi per ora. Lascio di rammentare lo sfregamento intorno al centro di sospensione, ed altre cagioni simiglianti, le quali distruggono similmente una porzione della forza oscillante. Su questo riflesso adunque Hugenio si avvisò di far oscillare i Pendoli in una curva tale, che le loro vibrazioni fossero costantemente uguali, tanto eseguite in archi piccioli, che in archi grandi. Una curva di tal natura è la *Cicloide*, siccome è stato ampiamente dimostrato dallo stesso Hugenio in un Trattato, che ha per titolo: *De Horologio oscillatorio*; da Cotes nel suo Libro *de motu Pendulorum*; e da altri celebri Matematici. Che però porta il pregio di esporre quì brevemente quale sia cotesta curva, e quale il metodo, onde i Pendoli fansi oscillare per archi cicloidali; tralasciando di addurre la dimostrazione proposta dagli indicati Autori, per cagione di brevità.

430. Egli è dunque da sapersi, che se un cerchio qualunque, come A B C, il quale tocchi con uno dei suoi punti, qual sarebbe A, una retta A D, si faccia scorrere sù di quella rotolando a guisa di una ruota da A verso D, fino a tanto che il punto A del cerchio, e per conseguenza il cerchio intiero, abbia fatta una intiera rivoluzione; il sentiere, che il punto A verrà obbligato a descrivere mercè di siffatto movimento, cioè a dire la curva A E D, dicesi *Cicloide*, di cui la retta A D si dice esser la *base*; F E eretta perpendicolarmente alla base dal punto F del suo mezzo, ne costituisce l'*asse*, che ha per *vertice* E; e il cerchio A B C, che l'ha prodotta, dicesi *Cerchio generatore*. Ciascun dei chiodi, che sono nella circonferenza di una ruota di carrozza, nell'atto, che quella scorre su strade piane, va descrivendo in aria un sentiere cicloidale. Tav. XI. Fig. 46.

431. Affine poi che un Pendolo possa oscillare per archi cicloidali, segnata che sia la cicloide C B D sul Tav. XI. Fig. 47.

 la

la base C D, e prolungato il suo asse B E fino a tanto che E A uguagli E B; si adattino due semicicloidi rovesciate, una su di A, e C, e l'altra su di A, e D, consistenti in due lamine di metallo conformate in quella guisa, ed uguali alle due metà C B, B D della cicloide già detta. Ciò fatto, sospendendo al punto A un filo della lunghezza di A B (ossia uguale al doppio diametro del cerchio generatore), con un peso nel suo termine B; e quindi lasciandolo in libertà dopo di averlo adattato alla lamina A D; proseguirà egli ad oscillare frammezzo a coteste due lamine, e descriverà col suo moto la cicloide C B D, siccome è stato dimostrato dai sopraccitati Autori (§. 429).

432. Una tal costruzione renderà *isocrone*, ossia di ugual durata, le vibrazioni del Pendolo, avvegnachè la natura della cicloide è tale, che tutti gli archi di essa, sien grandi, o piccioli, sono trascorsi da un grave cadente nello stesso intervallo di tempo, dimanierachè non impiegherà egli maggior tempo nel discender da *a* in B, che da *c* in B, da G in B, e così in appresso: proprietà a dir vero meravigliosa, dipendente dall'altra del pari singolare, e sorprendente, quale è quella, che la forza acceleratrice, o vogliam dire la velocità, con cui un grave cadente descrive gli archi di una cicloide, è sempre proporzionale alla lunghezza di cotali archi: onde avvien poi, che trapassando egli un arco maggiore con maggior velocità, e con velocità minore un arco più breve; le oscillazioni dei Pendoli, tanto se sien fatte in archi grandi, quanto piccioli, e comunque tra lor disuguali, riescono costantemente isocrone, siccome abbiam di sopra stabilito. Ma poichè il già divisato Pendolo, dovendosi adattare in ogni vibrazione alle due semicicloidi metalliche A C, A D, forza è, che sia formato di un filo, o di altra simigliante flessibile sostanza; sarà sempre esposto ad imbever l'umido dell'aria, e quindi ad accorciarsi, oppure a divenir più lungo, qualora s'inaridisce: ciocchè non lascerà di produrre del divario nelle oscillazioni, a tenore di quello, che si è dichiarato nel §. 416. Le quali cose pre-

Tav. XI. Fig. 47.

Fig. 47.

provano ad evidenza, che egli è finora impossibile di costruire un Pendolo in modo, che non sia giammai soggetto a veruna alterazione. Però la ragione principalissima, per cui i Pendoli cicloidali sono andati affatto in disuso, si è quella, che qualora i Pendoli sono molto lunghi, e fansi oscillare in piccioli archi circolari, confondonsi questi, sarei per dire, colla cicloide; e quindi le mentovate oscillazioni riescono sensibilmente isocrone, come se fossero eseguite in archi cicloidali. E' chiaro in fatto, che le due porzioni BG, BR della cicloide CBD, prossime al vertice B, confondonsi coi piccoli archi di un cerchio, che fosse descritto col centro A, e col diametro uguale alla lunghezza del Pendolo AB; attesocchè il Pendolo medesimo, per oscillare lungo le porzioni BG, e BR, appena si avvolge colla sua cima A intorno ai due capi delle semicicloidi AC, AD; onde è poi, che oscillando su i piccioli archi BG, BR del divisato cerchio, sarà quasi lo stesso che se descrivesse le porzioni BG, BR della cicloide CBD. Tav. XI. Fig. 47.

433. Per accennare un'altra rimarchevole proprietà della cicloide, uopo è dire esser ella *la linea della più celere discesa:* si vuol dire con questo, che un grave collocato in D scenderà fino al punto B lungo la curva cicloidale DB, in minor tempo di quello, onde discenderebbe lunga la retta DB, oppur seguendo qualunque curva di altro genere, frapposta tra i due punti B, e D. Ciò si dimostra ampiamente col mezzo dell' Analisi. Noi però tralasciando dimostrazioni così complicate, ci rimetteremo su di questo intieramente all'esperienza, la quale ci fa scorgere, che se si adattino in posizione contigua l'una all'altra, una curvatura scannellata, che faccia una porzione di una cicloide; un'altra, che rappresenti una parte di un cerchio qualunque; e quindi una terza, che sia la corda di siffatto arco; indi si dispongano in modo, che le loro estremità si trovino precisamente all'istessa altezza; due palline di metallo, di cui una facciasi cadere dall'alto della curvatura, che rappresenta la cicloide, e l'altra contemporaneamente dalla Tav. XI. Fig. 47.

cima della corda dell'arco, non arriveranno giù nel tempo stesso; ma la prima a giugnervi sarà quella, che sarà discesa per la scannellatura cicloidale: la qual cosa non avverrà altrimenti, se le due palle suddette facciansi discendere contemporaneamente, una per la cicloide, e l'altra per l'arco di cerchio. Egli è dunque chiaramente provato, che la cicloide è la linea della più celere discesa.

434. Se il moto apparente del Sole, che abbiam pur dimostrato essere realmente della Terra, fosse equabile, ed uniforme, non vi sarebbe misura del tempo più esatta, più luminosa, e più comoda: ma essendo pur vero, che il moto apparente del Sole, per le ragioni altrove indicate (§. 246), e per essere obbliquo rispettivamente all'Equatore, è del tutto variabile; comprenderassi di leggieri non potersi in lui rinvenire l'esatta misura del tempo. Assai diverso è in fatti il grado di velocità, onde egli sembra descrivere l'obbliquo sentiere dell'ecclittica, scorgendosi andar più veloce in tempo d'Inverno, allorchè è più prossimo alla Terra (§. 239), e più lentamente nella State, qualor ne è più lontano. Ciò fa sì, che non ritorna egli sempre allo stesso meridiano precisamente in capo di 24 ore, ma or più tosto, or più tardi, a norma delle circostanze, tranne solo quattro giorni dell'anno, cioè a dire ai 15 di aprile, ai 16 di giugno, ai 31 di agosto, ed ai 24 di dicembre. Quindi ne addiviene, che gli oriuoli esatti, e ben regolati, sien da tasca, o da tavolino, non sono giammai d'accordo con gli oriuoli a Sole, salvochè nei 4 indicati giorni; giacchè nei rimanenti, cominciando dai 24 di dicembre fino ai 15 di aprile, gli oriuoli solari mostrano il mezzogiorno alquanto più tardi degli oriuoli a pendolo; da siffatto tempo fino ai 16 di giugno, lo mostrano più presto; indi fino ai 31 di agosto mostranlo di bel nuovo più tardi; e finalmente lo indicano nuovamente più presto fino ai 24 di dicembre. E siffatto divario è tale, che il primo di novembre, allorchè può egli dirsi il massimo, ascende a 16 minuti, e 13 secondi. Le fin quì mentovate cose impertanto ci guidano agevolmente a farci compren-

prendere 1, che le 24 ore, che noi riputiamo scorrere fra l'arrivo del Sole al meridiano, e il suo ritorno al meridiano stesso, non sono sempre di ugual durata, ma bensì più lunghe, o più brevi, a misura che il Sole accelera, oppur ritarda il suo corso. 2, che un oriuolo a pendolo, esatto, e ben regolato, o diciam pure un oriuolo da tasca, avvanzando con moto del tutto uniforme, la cui natura è assolutamente analoga a quella del tempo, è il solo Cronometro, di cui ci possiam fidare per aver la misura del tempo con tutta l'esattezza possibile. Or siffatto tempo indicato dal divisato Pendolo dicesi comunemente *tempo medio*, siccome quello, che sta nel mezzo, per così dire, fra il tempo accelerato, e ritardato, indicato dal Sole, e riduce all'uniformità, e all'uguaglianza le ore disuguali, misurate dal Sole medesimo; dovechè il tempo solare, dicesi *tempo vero*, od anche *apparente*. La differenza poi fra il tempo medio, ed il vero, si denomina *equazione del tempo;* la cui conoscenza è assolutamente necessaria per ben regolare gli oriuoli col mezzo di una Meridiana. Per la qual cosa nei particolari Trattati di Astronomia, e specialmente nelle *Efemeridi*, trovansi registrate delle *Tavole di equazione*, ove son calcolate le giornaliere differenze fra il tempo vero, ed il medio, affin di sapere di quanto l'oriuolo ben regolato, ed esatto, dee ritardare, oppur precedere l'arrivo del Sole al meridiano di un dato luogo. Noi possiam servirci per ciò dell' *Efemeridi Astronomiche*, calcolate pel meridiano di Napoli dal Regio Astronomo D. Giuseppe Cassella.

435. Daremo fine a questo Articolo con una importantissima osservazione, quale è quella, che il Pendolo a secondi, diviso in parti convenienti, servir potrebbe di modello, o vogliam dire di misura generale a tutte le Nazioni, siccome da parecchi Astronomi è stato più volte progettato. Sarebbe questo uno stabilimento comodissimo, riducendo tutte le tante diverse misure ad una sola comune, e perpetua. Vero è, che la lunghezza del Pendolo a secondi non è esattissimamente la medesima in tutti i luoghi della

la Terra (§. 425); ma oltrechè cotal divario potrebbe per avventura negligersi, per essere picciolissimo; se ne potrebbe ancora tener conto esattissimo ricorrendo alle Tavole, in cui trovansi indicate le picciole differenze tra le lunghezze dei Pendoli, procedendo dall' Equatore verso i Poli. Col mezzo dei Pendoli potrebbonsi ancora rilevare agevolmente le misure lineari di qualunque Nazione, e quindi aver dei lumi sicuri in una materia così vaga, ed intralciata. Essendo io, per esempio, in Napoli, e volendo sapere qual sia esattamente la misura del piede Inglese; basterebbe, che mi si dicesse, che un Pendolo della lunghezza di un piede Inglese fa 100 vibrazioni in tempo che un Pendolo a secondi ne fa 55. Egli è dimostrato, che il tempo impiegato da un Pendolo nel fare una delle sue oscillazioni, è al tempo, che un altro Pendolo consuma nel far la sua, nella ragione inversa del numero delle vibrazioni dell' uno al numero delle vibrazioni dell' altro, in un dato tempo. Sicchè a tenore di questa dottrina, il tempo, in cui il Pendolo, lungo un piede Inglese, farà una delle sue oscillazioni, sarà al tempo richiesto acciocchè il Pendolo, il quale batte i secondi, faccia la sua, come 55 è a 100. Ma si è detto nel §. 418, che le lunghezze dei Pendoli sono tra se come i quadrati dei tempi, che essi impiegano per far le loro vibrazioni. Dunque la lunghezza del piede Inglese sarà a quella del Pendolo a secondi, come il quadrato di 55 è al quadrato di 100. Che però, se istituendo la proporzione si dica: come 10000 (che è il quadrato di 100) è a 3025 (che è il quadrato di 55), così $39 \frac{2}{15}$ (che è il numero dei pollici del Pendolo a secondi) è al quarto proporzionale, cioè a 12; si troverà, che il piede Inglese sarà lungo 12 dei mentovati pollici. E se il Pendolo a secondi si concepisse diviso in un gran numero di parti, come per esempio in mille; il risultato della proporzione riuscir potrebbe più esatto; e conseguentemente si otterrebbe il divisato intento con maggior precisione. Su di ciò però bisognerebbe tener conto di quel che si è dichiarato nel §. 425 intorno alle oscillazioni dei Pendoli

nei

nei varj luoghi della Terra; e consultare la Tavola di Mr. de la Lande, oppur di altri Astronomi, per determinare il *Piede orario*, ossia la lunghezza del Pendolo a secondi, nei luoghi frapposti tra l'Equatore, e i Poli, siccome in simigliante occorrenza abbiamo altrove dichiarato.

LE-



LEZIONE VIII.

Su il Moto dei Projetti:

ARTICOLO I.

Della natura della Curva, che si descrive dai Projetti.

436. Se altri lanciasse un grave perpendicolarmente in alto, sia col mezzo della mano, che per la forza di un pezzo di Artiglieria, cotesto mobile sarebbe spinto nel tempo stesso da due forze opposte per diametro; conciosiachè la forza di projezione, ossia quella, che gli viene impressa dalla mano, o dal pezzo di Artiglieria, lo sollecita a salire verticalmente in alto, nell'atto che la forza di gravità lo trae verso giù nella stessa perpendicolar direzione. Ma poichè la forza di projezione è determinata, che val quanto dire, che ella ha certi limiti; e quella di gravità è costante, nè cessa di operare su 'l corpo, fino a tanto che il medesimo non sia giunto al suo centro; vi dovrà necessariamente esser un punto, in cui siffatta forza di projezione, vinta, e distrutta intieramente da quella di gravità, che abbiam detto operare in direzione affatto contraria, lascerà cotesto corpo in balìa di questa sola forza, che lo farà discendere liberamente, ed a perpendicolo verso il centro; non essendoci ragione, per cui debba egli rivolgersi a destra, oppure a sinistra, qualor si prescinda dal moto della Terra. Dunque un grave, che sia lanciato perpendicolarmente in alto, scende giù di bel nuovo secondo la medesima direzione.

437. Ma se per lo contrario la forza di projezione spignesse cotesto grave in direzione orizzontale, oppur in qualunque altra direzione obbliqua all'orizzonte; in tal caso è vero, che siffatto corpo sarebbe trat-

tratto giù similmente dalla forza di gravità, ma ci sarebbe il divario, che queste due forze invece di essere opposte, come nella supposizione di prima, sarebbero in qualche modo cospiranti. Su tal proposito vi gioverà il rammentarvi, che ragionando noi del moto composto nell' Articolo I della V Lezione, facemmo vedere, che da coteste due forze ne risulterebbe in quel corpo un moto composto, mercè di cui sarebbe egli portato a descrivere la diagonale del parallelogrammo, i cui lati verrebbero espressi dalla direzione, e dalla intensità delle accennate due forze. Nell' Articolo III dell' indicata Lezione dimostrammo eziandio, che qualora una delle due forze, invece di produrre un moto equabile, lo generasse ugualmente accelerato, come in fatti lo produce la forza di gravità; il mobile descriverebbe una curva. Or quì porta il pregio di dichiarare, quale sia siffatta curva: ed affinchè acquistar si possa una perfetta intelligenza delle cose da dirsi su di tal punto, uopo è premettere, che se ad un cono, qual sarebbe A B C, si adatti un piano nella direzione A B; indi si seghi il cono stesso mercè di un altro piano nella direzione D E parallela alla retta A B; la curva, che verrà rappresentata da siffatta sezione, dicesi *Parabola*. Questa curva vedesi espressa colle lettere E D F nella Fig. 49, ove il punto D, che è il punto più elevato di una tal curva, dicesi *Vertice* della Parabola; la retta D H, tirata perpendicolare a G D, che è tangente di siffatto punto, si denomina *Asse della Parabola*: le rette, che da qualunque punto della curva si tirano perpendicolari all' anzidetto asse, come sono I K, L M, si dicono *Ordinate* all' asse; e finalmente le porzioni dell' asse medesimo, frapposte tra il vertice D, e il punto dell' asse, ove cadono le divisate perpendicolari, quali sarebbero le porzioni D K, D M, si denominano *Ascisse*. Ed è da sapersi, che una delle principali proprietà della Parabola consiste in ciò, che i quadrati delle ordinate sono sempre tra loro come le ascisse corrispondenti; dimodochè nel caso nostro il quadrato di I K è al quadrato di L M, come D K è a D M.

Tav. XI. Fig. 48.
Tav. XI. Fig. 49.

348.

438. Ciò premesso, vuolsi aver per indubitato, che un corpo, il quale venga lanciato con un mezzo qualunque, sia in direzione orizzontale, sia in direzione obbliqua all'orizzonte, descriverà col suo moto la curva, che abbiam detto denominarsi parabola. Tra le dimostrazioni, che sogliònsi addurre in pruova di una tal proposizione, ne trasceglieremo una agevolissima, e che dipende unicamente dalle semplici nozioni, che abbiamo altrove dichiarato.

Tav. XI. Fig. 10. 439. Suppongasi il mobile A lanciato da un cannone nella direzione orizzontale A D. Essendo egli, dopo di aver ricevuto l'impulso, lasciato in sua balìa dalla forza, che gliel' ha impresso, proseguirebbe a muoversi costantemente con moto uniforme nella direzione A D, qualora siffatta velocità non venisse ritardata dalla resistenza dell'aria, nè la direzione fosse disturbata dalla forza di gravità, che tira il detto mobile continuamente verso il centro; dimanierachè in istanti uguali, e successivi, descriverebbe uguali spazj A B, B C, C D. Prescindiamo un poco dalla resistenza dell' aria, di cui potremo tener conto in appresso. Ora il mobile A essendo spinto dalla forza projettile nel primo secondo di tempo da A fino a B, sarà tratto giù nell' atto stesso da B verso I per virtù della forza di gravità: ond'è, che per le ragioni esposte nel §. 267, descriverà nel primo secondo la diagonale A I. Per la ragione medesima si troverà in K nel secondo seguente, ed in H in fine del terzo, come abbiamo altrove dimostrato. Sicchè nel tempo di tre secondi il mentovato mobile A si troverà aver descritto gli spazi orizzontali A B, A C, A D, in virtù della forza projettile, e gli spazj verticali B I, C K, D H, per la forza di gravità. Or egli è noto, che siffatti spazj verticali sono tra se come i quadrati dei tempi (§. 372), ossia come i quadrati delle rette A B, A C, A D; attesochè nel moto uniforme gli spazj sono come i tempi. Ma A B, A C, A D, sono uguali ad E I, F K, G H, che sono le ordinate; e B I, C K, D H, si uguagliano ad A E, A F, A G, che sono le ascisse corrispondenti. Dunque nella curva, di cui si ragiona, le ascisse sono tra loro

co-

come i quadrati delle corrispondenti ordinate. Questa è la proprietà della Parabola (§. 437). E' certo dunque, che il projetto A spinto orizzontalmente, descrive una curva parabolica.

440. Con un simile raziocinio può dimostrarsi eziandio, che se il projetto fosse spinto in direzione obbliqua, sì al di sotto, che al di sopra della linea orizzontale, descriverebbe una curva della medesima natura; con questa sola differenza, che essendo spinto in linea orizzontale, oppure in direzione obbliqua inferiore a quella dell'orrizonte, il sentiere da se corso sarebbe una mezza parabola; laddove sarebbe intiera, qualora fosse lanciato in qualunque altra obbliqua direzione, che fosse al di sopra dell'anzidetta linea orizzontale, secondo si scorge col dare un'occhiata alla Figura 51. Imperciocchè nel primo caso il punto il più sublime sarebbe presso la bocca del cannone, oppur presso alla mano, che lancia il projetto; il quale incominciando di là non fa altro che discendere: laddove nel caso di essere spinto al di sopra della linea del livello, vien egli obbligato ad ascendere fino a tanto che non sia del tutto estinta la forza verticale; e quindi a discendere di bel nuovo una curva simile, cui ha corso nel salire. Tav. XI. Fig. 51.

441. Tuttociò si renderà manifestissimo per via di una Macchina di semplice costruzione. A B C D è una vasca di forma quadrilunga, sulla cui lunghezza si erge a piombo una tavola ben levigata B K F C, sulla quale son segnate la retta orizzontale G H, l'obbliqua G L, e la verticale G M. Ergesi parimente su il lato C D di tal vasca un'altra tavola simigliante, per servire di appoggio al tubo di vetro F E, guernito in fondo di un orifizio, e di un tubolino mobile G, il quale si possa comodamente dirigere giusta le direzioni già segnate, G L, G H, G M. Se dopo di aver riempiuto di mercurio il tubo F E, si diriga l'asse del tubolino G nella direzion verticale G M; si scorgerà immediatamente, che il getto di mercurio ascenderà appuntino secondo quella direzione: laddove dirigendolo lungo la retta orizzontale G H, descriverà a un di presso la curva parabolica G N; la quale Tav. XI. Fig. 51.

ognun vede essere una semiparabola. Ma se al contrario si diriga il tubolino lungo una retta obbliqua, superiore a quella del livello GH, qual sarebbe, per esempio, GL; il mentovato getto di mercurio monterà fino ad I, e quindi cadrà di mano in mano seguendo il sentiere IH; dimanierachè descriverà, presso a poco, l'intiera parabola GIH.

442. Vuolsi quì però seriamente avvertire, che l'aria, della cui azione non abbiam finora tenuto alcun conto, resiste poderosamente sì alla gravità, che alla forza di projezione; e propriamente in ragione del quadrato della celerità del mobile, onde viene attraversata (§. 128): dal che ne nasce, che la velocità di siffatto mobile è continuamente ritardata, invece di esser uniforme, siccome abbiam supposto (§.439). Per la qual cosa la curva da esso descritta non è, a parlar precisamente, una parabola, ma bensì una curva diversa; la quale secondo i calcoli di Newton si approssima di molto all'iperbole, e secondo quelli de la Caille all'ellisse: tantovieppiù che l'azione della gravità operando in direzioni perpendicolari alla superficie della Terra, le quali poi concorrono verso il centro, fa sì, che le medesime non sieno parallele, come si suppone. Tuttavolta però essendo le teorie dedotte da questo principio non riducibili alla pratica, per ragione della somma loro difficoltà, fino a tanto che la cosa non sarà messa in maggior lume, forza è servirsi nei tiri di Artiglieria dell'ipotesi parabolica; la quale accompagnata da una buona pratica, e da esatti esperimenti, che insegnar debbono all' Artigliere tutto quello, in cui è mancante la teorìa, resce sufficientissima per ottenere lo scopo desiderato.

443. La conoscenza del sentiere, che si descrive dai projetti, ci pone nello stato di poter comprender di leggieri la ragione, per cui gli schioppi, i cannoni, ed altre armi da fuoco di simigliante natura, sono costrutte in modo, che la linea di projezione, ossia l'asse della canna, non è parallela alla linea di dire-
Tav. XII. zione, o alla linea di mira, che dir si voglia. Se la
Fig. 12. linea di direzione fosse FH, parallela ad AC, ch'è
la

la linea di projezione; essendo la palla spinta fuori nella direzione di AC, e venendo quindi obbligata a deviare dal suo cammino per descrivere la parabola AE; andrebbe ella a colpire lo scopo E, quandochè l'oggetto preso di mira sarebbe H. All'incontrò, ove la linea di direzione faccia un angolo con quella di projezione, qual sarebbe la FB, talchè vadano ambedue ad intersegarsi nel punto D; lo scopo da colpirsi sarebbe E, dove abbiam veduto, che la palla va ad urtare essendo lanciata dal cannone nella direzione di AC.

444. L'ispezione di questa Figura fa parimente vedere, che in ogni arma da fuoco l'inclinazione delle mentovate due linee è regolata per un determinato tito; scorgendosi benissimo, che qualora lo scopo da colpirsi fosse più distante, cosichè fosse I invece di E, il sentiere parabolico si troverebbe alquanto di sotto; e conseguentemente la palla andrebbe a colpire il punto K. Lo stesso vuolsi intendere nel caso, che il tiro fosse più prossimo al cannone di quel che sia il punto E; avvegnachè allora il sentiere parabolico trovar si potrebbe al di sopra dello scopo. Che se ad onta delle accennate cautele nel costruir le armi da fuoco, non riesce sempre di colpire lo scopo (date le altre cose uguali), ciò può dipendere dalla maggiore, o minor velocità impressa al projetto dalla polve; dalla maggiore, o minor resistenza, che l'aria gli oppone, a tenor dei suoi diversi stati; dall'urto, che la palla suol talvolta soffrire contro le pareti interne della canna, e da altre cagioni simiglianti, le quali debbono necessariamente alterare il cammino del projetto. Fig. 12.

445. Rinvangando infatti i risultati degli esperimenti praticati da Robins, la cui Opera verrà indicata nel seguente Articolo, chiaramente si ravvisa, 1. che lo stesso cannone sparato *successivamente* colla stessa elevazione, colla medesima quantità di polve, con palle del medesimo peso, e con altre simili circostanze, tira le palle a distanze diverse. Ciocchè dipende certamente dallo stato diverso dell'aria, che resiste di ragione con diversi gradi di forza. 2. che cotesta resisten-

sistenza dell'aria opera effettivamente a norma delle diverse velocità, onde sono spinti i projetti; cosicchè rendesi *quadrupla*, quando la velocità si raddoppia, si fa *nonupla*, quando la velocità si triplica, e così via via. 3. che la testè indicata proporzione ha luogo fino a un certo segno; cosichè, se una delle velocità oltrepassi 1200 piedi in un secondo, e l'altra ne sia minore; in tal caso la resistenza, che incontrasi dalla palla spinta colla maggior velocità, è tre volte maggiore di quella, che esser dovrebbe a norma della mentovata legge. La ragione si è, che l'aria essendo spinta con velocità sì enorme, non ha tempo di cedere il luogo alla palla; e quindi essendo compressa oltremodo da quella, le resiste con poderosa violenza, in virtù della sua elasticità. Dal che nasce poi, che qualora le cose sieno disposte in modo, che possa spingersi una palla ad una data distanza colla velocità di 1200 piedi in un secondo, poco o nulla si guadagnerà con accrescerne la velocità per via di maggiori cariche di polve; e quindi vuolsi aver per fermo, che la conveniente carica di polve per qualsivoglia pezzo di Artiglieria, non è quella, che può comunicare alla palla la massima velocità, come erroneamente si crede, ma bensì quella, che le comunica la minima velocità, purchè questa sia confacente all'intento, che si vuol ottenere. Tra i pochi casi, in cui le grandi cariche di polve riescono più efficaci delle picciole, vi ha quelli di battere in breccia, di dovere smontare una batteria coperta da grosse mura, di dover abbattere un parapetto; giacchè in tali occorrenze, facendo fuoco davvicino, l'accrescimento della velocità rende le palle più attive. 4. finalmente, che la maggior parte dei projetti, nell'atto di uscir dal cannone, acquistano un moto vorticoso intorno al proprio asse, prodotto dallo sfregamento contro le pareti del cannone suddetto; d'onde deriva, che essi urtano l'aria in direzione talvolta obbliqua, e vengon quindi obbligati da quella a deviare dal naturale lor corso.

AR.

ARTICOLO II.

Delle Teorie relative all'Ampiezza, ed all'Altezza della Parabola; come altresì al Tempo, che il projetto impiega nel descriverla.

446. La distanza orizzontale EF, che si frappone tra il punto E, d'onde il mobile vien lanciato, e tra il punto F, ove egli va a cadere, si denomina *Ampiezza della Parabola*; la quale è diversa a tenore della maggiore, o minor velocità, con cui il mobile viene spinto. L'angolo poi formato dalla linea, che esprime la direzione, secondo cui viene spinto il projetto, e dalla orizzontale, dicesi *Angolo di projezione*. Or quante volte il punto F sia collocato su 'l piano orizzontale EF, l'ampiezza della parabola, che verrà descritta dal projetto collo stesso grado di velocità a diverse elevazioni, è *come il seno del doppio angolo di elevazione*. Per render manifesta una tal verità, feconda di belle conseguenze, suppongasi E essere il punto, d'onde parte il projetto giusta la direzione ED: sarà DEF l'angolo di elevazione. Ergasi dal punto E la retta EB perpendicolare all' orizzonte EF, e quadrupla di EC, che esprime la altezza, da cui il mobile dee discendere per acquistare la velocità, onde è lanciato dal punto E, siccome si dimostra in Matematica. Su di tal linea EB, considerata come diametro, si descriva il cerchio BDE: ed essendo EF l'ampiezza della parabola, ossia *la lunghezza del tiro*; ergasi dal punto F la perpendicolare FD, che andrà a segare il divisato cerchio in D, da cui si tiri a C la retta DC parallela ad EF: indi si tirino le rette AD, BD. Ciò posto, scorgesi chiaramente dall'ispezione della Figura, che l'ampiezza EF è ugnale a CD, che è il seno dell'angolo EAD. Ma quest'angolo, per essere al centro, è doppio di EBD, che è posto nella circonferenza. Dunque sarà parimente doppio di DEF, il quale, attesa la natura del cerchio, eguaglia il detto ango- Tav. XII. Fig. 51.

 lo

lo EBD. Ma l'angolo DEF è l'angolo di elevazione. Egli è dunque manifesto, che facendosi il tiro con una data velocità su il piano orizzontale, la ampiezza della parabola è come il seno del doppio angolo di elevazione. E poichè il seno di 90 gradi è il massimo di tutti, per essere uguale al raggio; manifestamente si deduce, che nel caso proposto la massima distanza, a cui può gettarsi un projetto con una determinata velocità, o vogliam dire il *tiro massimo*, si viene ad ottenere, qualora l'angolo di elevazione è di 45 gradi, che è la metà di 90. E a dir vero, si ricorra nuovamente alla Macchina proposta
Tav. XI. di sopra (§. 441), e si vedrà, che di quante diver-
Fig. 51. se parabole si potranno ottenere per via del getto di mercurio col dirigere il tubolino G secondo tutte le direzioni possibili, quella avrà la massima ampiezza, che si descriverà dal getto, il quale uscirà dal tubolino elevato all' altezza di 45 gradi.

447. Dalle cose già dette si rileva eziandio, che le ampiezze delle parabole, le quali son descritte da due projetti spinti con uguali velocità, ma con angoli di elevazione ugualmente distanti da 45 gradi, sono tra se uguali; imperciocchè la somma di due archi qualsivoglia, che differiscono ugualmente da 45 gradi (come sarebbero appunto quei di 30, e di 60; di 20, e di 70), essendo uguale a 90 gradi, è cosa evidente, che siffatti archi sono complementi l'un dell' altro: e poichè il seno di un doppio arco pareggia, per la natura del cerchio, il seno del suo doppio complemento, necessaria cosa è, che i seni dei doppj angoli di due diverse elevazioni ugualmente distanti da 45 gradi, sien tra loro uguali; e quindi ancora le mentovate ampiezze, che abbiam già dimostrato (§. 446) esser proporzionali ai seni medesimi. Per la qual cosa una palla cacciata fuori da un cannone elevato 30 gradi al di sopra dell' orizzonte, dovrebbe andar a colpire lo stesso scopo, su cui cadrebbe un'altra palla, che fosse spinta col medesimo grado di velocità da un altro cannone, il quale fosse elevato di 60 gradi; poichè siccome 30 è quindici gradi al di sotto di 45, così 60 è quindici gradi al di sopra.

Sa-

Sarà dunque lo stesso il tirare nella direzione EK, che nella direzione ED; giacchè essendo elleno ugualmente distanti da EL, che è l'elevazione di 45 gradi, si andrà a colpire in ambedue il medesimo scopo F. Tav. XII. Fig. 53.

448. Tuttavolta però, per quanto sia ciò vero matematicamente parlando, non si troverà *esattamente* tale, facendone l'esperimento colla Macchina di sopra descritta; e la ragione si è, che nei nostri ragionamenti non si tiene alcun conto della resistenza dell'aria, la quale dee produrre maggior ritardo nel moto della palla spinta nella direzione di 60 gradi; siccome quella, che andando più in alto, e conseguentemente essendo obbligata a descrivere uno spazio maggiore di quello, che vien descritto dall'altra; impiegherà più tempo per giugnere al termine della sua carriera; e quindi cagionerà, che l'ostacolo dell'aria sarà contro di essa di più lunga durata. Per tal cagione adunque l'ampiezza della parabola descritta colla direzione EK sarà alquanto minore di quella, che si descrive colla direzione ED; siccome chiaramente si scorge facendone la pruova colla Macchina divisata. Tav. XII. Fig. 53.

449. Che se la projezione seguisse non già su il piano orizzontale, ma bensì, su di un piano inclinato; in tal caso si avrebbe la massima ampiezza, qualora la linea di direzione segasse in due uguali porzioni l'angolo formato dalla retta, che passa pel zenit, ossia pel punto, che sovrasta al vertice, e dal piano divisato: e quelle ampiezze saranno prossimamente uguali, che si faranno con elevazioni ugualmente distanti dall'accennata direzione; corrispondentemente a ciò, che si è detto delle projezioni orizzontali.

450. Passiamo ora dall'ampiezza della parabola a ragionar sulla altezza; e stabiliamo per fermo, che l'altezza; a cui un projetto vien lanciato colla stessa velocità, *è come il seno verso del doppio angolo di elevazione.*

451. Proseguendo in fatti a supporre, che sia EF l'ampiezza della projezione, ed ED la linea di elevazione; si seghi la retta EF in due uguali porzio- Tav. XII. Fig. 53.

 ni

ni nel punto G; il quale essendo nel preciso mezzo tra il punto, d'onde parte il projetto, e tra quello, su cui cade, chiaramente dimostra, che la perpendicolare G H, eretta da quel punto sull'orizzontale E F, è l'asse della parabola, di cui si ragiona; e che questo asse, per la natura della parabola, vien segato in due uguali porzioni dal vertice principale, e propriamente nel punto I. Che però l'altezza della parabola medesima, ossia quella, a cui verrà spinto il projetto, sarà G I. Se dunque troveremo, che G I è come il seno verso del doppio angolo di elevazione, resterà dimostrata la nostra proposizione. Essendo le rette G H, F D parallele; i due triangoli D E F, H E G, saranno tra se simili; e per conseguenza E F sarà ad E G, come F D è a G H. Ma E G è la metà di E F: dunque G H è la metà di F D; e G I, che è la metà di G H, è la quarta parte di F D: e per la natura delle rette proporzionali, G I è come F D. Or F D si uguaglia ad E C, che è il seno verso dell'angolo E A D, il quale è doppio dell'angolo di elevazione. Imperciocchè E A D, per essere al centro, è doppio di E B D; e per conseguenza doppio del suo eguale D E F. Ma D E F è l'angolo di elevazione, e G I, che è la altezza della parabola, è come E C, ossia D F, che è il seno verso dell'angolo E A D, che abbiam detto esser doppio dell'angolo D E F. Egli è dunque dimostrato, che l'altezza, a cui è lanciato un projetto collo stesso grado di velocità, è come il seno verso del doppio angolo di elevazione.

452. Finalmente il tempo, che il projetto impiega per descrivere la mentovata parabola colla medesima velocità, *è come il seno del semplice angolo di elevazione*. Imperciocchè un corpo, il quale è lanciato dal punto E secondo la direzione E D, intanto descrive la parabola della ampiezza E F, in quanto che nel tempo, in cui con moto uniforme dovrebbe trapassare lo spazio E D, vien costantemente tratto giù dalla forza di gravità con moto uniformemente accelerato; onde è, che siffatto mobile impiegherà tanto tempo nel descriver la parabola in virtù delle

Tav. XII. Fig. 53.

due

due forze combinate di gravità, e di projezione, quanto ne consumerebbe per passare da E in D colla forza di projezione. E poichè il moto da E in D è uniforme, il tempo sarà come lo spazio, ove la velocità è sempre la medesima (§. 97). Dunque il tempo, che il detto mobile impiegherà per passare da E in F, ossia per descrivere l'intiera parabola, sarà come ED; ossia, per la natura delle rette proporzionali; come la metà di ED; cioè a dire come EH. Or questa EH è il seno dell'angolo EAH, il quale per esser la metà dell'angolo EAD, si uguaglia all'angolo di elevazione DEF. E' ella dunque uguale al seno di siffatto angolo. Per la qual cosa egli è manifesto, che il tempo impiegato dal projetto nel descrivere la parabola colla stessa velocità, è come il seno dell'angolo di elevazione.

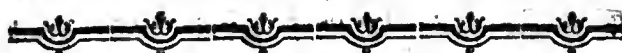
453. Qualora sia data la velocità, onde è spinto il projetto, e 'l sito *orizzontale* F del bersaglio, che si dee colpire, si determina agevolmente la direzione del tiro, facendo prima la costruzione indicata nel §. 446, indi elevando dal punto F una perpendicolare FK, la quale andrà a segare il cerchio BDE nei punti D, K; imperciocchè le rette ED, EK, tirate dal punto E ai divisati due punti di intersezione, esprimeranno le direzioni richieste (§. 447). Così all'opposto, essendo data la velocità, e la direzione ED, si determina agevolmente il bersaglio *orizzontale* da colpirsi, coll'abbassare dal punto d'intersezione D una retta DF perpendicolare all'orizzonte; giacchè il punto F, ov'ella cade, indica il bersaglio, che si richiede. Tav. XII. Fig. 55.

454. Questi sono in accorcio quei principj, i quali avvalorati dalla cognizione della velocità, cui converebbe rilevare col mezzo di esatti esperimenti, costituiscono le fondamenta dell'Arte balistica, ossia di quell'Arte, che insegna a far uso dei pezzi di Artiglieria in modo tale, che si possa colpire lo scopo secondo che l'uopo il richiede. Qualor sien già note due delle seguenti cose; cioè a dir la velocità, onde è spinto il projetto dal pezzo di Artiglieria; la massima altezza della parabo-

rabola, cui descrive; l'ampiezza della medesima; e la direzione, secondo cui vien lanciato il projetto; sciolgonsi agevolmente tutti i Problemi riguardanti l'Arte balistica, siccome può scorgersi nelle Opere di coloro, i quali hanno trattato diffusamente un tal soggetto. Potranno su di ciò consultarsi principalmente i Trattati di Belidor, e di Blondel, e soprattutto i *Nuovi principj di Artiglieria* di Beniamino Robins comentari da Eulero, ove si troverà di che soddisfarsi ampiamente su di questa materia.

455. Termineremo questo Articolo col rapportare i risultati interessanti di una serie di esperimenti praticati con molto studio dal Dottor Hutton relativamente alla velocità delle palle di cannone. Servissi egli del Pendolo balistico di Robins per la investigazione di tali velocità: le palle, di cui fece uso, aveano il peso di una libbra fino a tre: le cariche della polve furono di due, di quattro, e di otto once. Rilevò egli adunque da una serie di quindici esperimenti, che riuscirono i più esatti, che la velocità *media* delle palle, spinte colla carica di due once di polve, fu di 701 piede in un secondo; colla carica di quattro once di polve fu di 993 piedi; e con quella di otto once fu di 1397 piedi. Indi rapportando tra se questi risultati, ed oltreaciò paragonandoli a quelli di altri esperimenti da se fatti, ne dedusse le tre massime seguenti. 1. Le velocità comunicate alle palle dello stesso peso con differenti quantità di polve, sono prossimamente nella suddupplicata ragione di cotali quantità. 2. Quando palle di diverso peso sono spinte colla stessa quantità di polve, le velocità, che loro si comunicano, sono prossimamente nella reciproca suddupplicata ragione dei loro pesi. 3. Quelle palle, che sono di diverso peso, e che vengono spinte con diverse quantità di polve, acquistano delle velocità, che sono direttamente come le radici quadrate delle quantità di polve, ed inversamente come le radici quadrate dei loro pesi, a un

un di presso. Merita su di ciò di esser letta la Memoria del mentovato Dottor Hutton, che trovasi inserita nel Volume 68 delle *Transazioni Filosofiche*.



LEZIONE IX.

Su'l Centro di gravità, e'l Centro dì percossa nei Corpi in moto.

ARTICOLO I.

Della natura del Centro di gravità, e delle principali proprietà sue.

456. Comechè nel §. 68 siesi francamente dichiarato, che la gravità nei corpi è ugualmente distribuita in tutte le minime lor particelle; nulladimeno però, facendoci l' esperienza vedere di esserci in ogni corpo un punto, su di cui la intiera massa del corpo medesimo mantiensi equilibrata; si concepisce quello dai Meccanici come il sito, in cui la intiera gravità di quel corpo si ritrova accumulata. Quindi è, che si denomina egli generalmente *Centro di gravità*, od anche *Centro della massa*, oppur *Centro di inerzia*; per esser questa proporzionale alla massa al pari della gravità (§. 45).

457. Prendasi un cubo, per cagion di esempio, di qualunque materia; e si abbia un perno aguzzo collocato fermamente in posizione affatto verticale. Facendo dei tentativi si troverà agevolmente, che non vi è faccia di esso, la quale non abbia un punto, a cui sottoponendo la estremità aguzza del perno suddetto, il cubo medesimo rimanga perfettamente equilibrato, come si scorge nella quì annessa figura. Ed Tav. XII. Fig. 54. è cosa osservabile, che se i detti opposti punti delle varie facce quali sarebbero C, E, D, F, ec., si uniscano tra essi col mezzo delle rette CE, DF, ec., tutte coteste rette si andranno ad intersegare in un pun-

punto, situato nel mezzo della massa del corpo, cioè a dire in A; il quale è propriamente quello, che si denomina *Centro di gravità*.

458. Se da un tal centro si faccia cadere una retta perpendicolare all'orizzonte, dicesi quella propriamente *linea di direzione del Centro di gravità*; e la ragione, per cui così si denomina, si è, che qualora si togliesse qualunque sorta di impedimento, dimodochè quel tal corpo potesse liberamente discendere verso il centro della Terra; il centro di gravità descriverebbe quella linea nell'atto della sua caduta.

459. Vuolsi attentamente badare a non confondere col Centro di gravità *il Centro della grandezza*, ossia quel punto del corpo, che è collocato nel mezzo della sua periferia; come neppure col *Centro di moto*, o vogliam dir con quel punto, il quale resta in riposo nell'atto, che tutte le altre parti del corpo si aggirano intorno ad esso; qual sarebbe il punto C nel cannone AB. Tuttavolta però, trattandosi di corpi regolari, ed omogenei come sarebbe una sfera, od un cubo, la cui massa fosse intieramente della stessa densità; il centro di gravità, e quello della grandezza sono la medesima cosa; e'l centro di moto può ancora confondersi con cotesti punti. Tav.XII. Fig. 55.

460. Dalla rapportata definizione del centro, di cui si ragiona (§.456), scorgesi a chiaro lume, che un corpo, il quale sia appoggiato su 'l proprio centro di gravità, dee rimanere in riposo in qualunque posizione, che gli si voglia dare; giacchè il riposo in altro non consiste, se non nel perfetto equilibrio di tutte le parti; il quale abbiam veduto ritrovarsi nel centro mentovato.

461. E se mai avvenisse, che un corpo fosse appoggiato su di un punto diverso dal centro di gravità, non potrebbe egli mettersi in quiete, se non se nella sola posizione, in cui siffatto punto si ritrovasse esattamente al di sopra, oppure al di sotto del centro suddetto. In ogni altra positura non lascerebbe di vacillare, fino a tanto che il punto di appoggio, ossia di sospensione, non si ritrovasse nella situazione additata. Così nella rapportata Figura il solido CD Fig. 54.

EF

EF, ch'è appoggiato su'l centro A, resterà in riposo in qualunque positura, orizzontale, o inclinata che
Fig. 55. sia: laddove il corpo AB nella Figura 55, il quale fosse appoggiato su'l punto C, quando il suo centro di gravità fosse D; non può arrestare il suo vacillamento, fino a tanto che non giunga alla posizione EF, ove il punto C si trova direttamente al di sopra di D.

462. Concependosi tutta la gravità di un corpo accumulata nel suo centro di gravità (§.456); ed essendo cosa indubitata, che i gravi tendono a cadere verso il centro della Terra in direzioni perpendicolari alla sua superfizie; è parimente fuor di dubbio, che un corpo non può cadere, se non qualora il suo centro di gravità si trova libero per poter discendere; dimanierachè il criterio infallibile per poter conoscere, se un corpo possa reggersi in una determinata posizione, è quello di vedere, se la linea di direzione del suo centro di gravità cade al di dentro, o pure al di fuori della propria base. Se cade al di fuori, il corpo non potrà sostenersi a verun patto: se cade al di dentro, non vi sarà pericolo, che egli vada a cadere. Questo è l'artifizio, con cui sono costrutte parecchie fabbriche meravigliose, le quali destano la più viva ammirazione negli animi degli ignoranti. Per esempio, la *Torre Garisenda* in Bologna è inclinata nove piedi su il piano orizzontale; e pur si mantiene ivi ferma da un lungo tratto di anni. Facendone il
Tav.XII. saggio si troverà, che la sua linea di direzione AB
Fig. 56. cade sulla base CD. L'edifizio CEFD all'opposto non reggerebbe in verun modo; attesochè la sua linea di direzione GH cade fuori della propria base CD. Vi porrà al fatto di tutto questo il seguente sperimento.

463. Prendasi un corpo esattamente spianato, e che abbia una base alquanto estesa: suppongasi per
Tav.XII. esempio il corpo A; e messolo su di un piano mo-
Fig. 57. bile BCYZ, sicchè uno dei suoi lati sporga alquanto fuori del lato BZ del piano stesso, si sospenda un filo a piombo *e* G precisamente al suo centro di gravità *e*. E' chiaro, che cotesto filo rappresenta la linea

nea di direzione del centro stesso. Ciò fatto, si incominci ad elevare bel bello il detto piano, talchè passi nella situazione BD: il corpo A proseguirà a tenersi fermo su di esso, perchè il filo a piombo non uscirà dalla base *mn*. Alzato poscia il piano alla posizione BE, è vero, che il corpo A non si muoverà dal suo sito; ma siccome il filo a piombo troverassi quasi sull'orlo della sua base *mn*, il menomo urto lo farà cader giù. Un tantino che voglia innalzarsi il piano al di sopra di BF, come per esempio in BF, farà sì, che la linea a piombo SK uscendo al di fuori dell'anzidetta base *mn*, il corpo A vedrassi rotolar giù immediatamente, a tenor di quello, che abbiam fin qui dimostrato.

464. Egli è poi naturale il dedurre da ciò, che i corpi saranno più fermi a misura che la lor base sarà maggiore; giacchè sarà più difficile, che la linea di direzione esca fuori della base, a proporzione che la medesima sarà di maggiore estensione. Al contrario una sfera, che ha per base un punto solo, qualor sia messa sovra un piano, difficilmente potrà restare immobile: e se mai per avventura vi rimane, vedrassi rotolare immediatamente al menomo urto.

465. E' da notarsi su questo proposito, che vi sono alcuni corpi, nei quali, attesa la particolare lor conformazione, sembra a primo lancio, che la dichiarata legge inalterabile venga a soffrire una eccezione. Il corpo AR, per cagion di esempio, conformato alla guisa di due uguali coni insiem congiunti col mezzo delle loro basi, qualor sia collocato al di sopra dei due piani verticali BC, DE, inclinati di una certa quantità sulla linea orizzontale DF, vedrassi liberamente ascendere da D verso E con grandissimo stupore dei riguardanti. Lo stesso vuolsi intendere del cilindro H, il quale avendo il suo centro di gravità non nel centro *a* della figura, ma bensì nel punto *s*, per virtù di un pezzo di piombo *c* internato in uno dei suoi lati; vedesi ascendere su il piano KLMN obbliquo all'orizzonte, le cui dimensioni NS, SM, sieno tra se in minor ragione di *ca* a *cs*.

Tav.XII. Fig. 58.

Tav.XII. Fig. 59.

466. Or per quanta illusione possano fare questi,

ed

ed altri simiglianti fenomeni, qualor si esamini bene l'affare, si rileverà, che i medesimi, lungi dal derogare alla legge stabilita di sopra, servono a quella di luminosa conferma. Di fatti il centro di gravità *s* del cilindro supponendosi nella situazione indicata dalla Fig. 59. Figura, si tiri da esso al punto più sublime del piano KL, la retta orizzontale *s* L. Poichè il punto L è la più elevata parte del piano anzidetto; e tutti i rimanenti punti di esso trovansi inferiori a misura che vanno discendendo da L verso *m*; è cosa evidentissima, che rivolgendosi il cilindro H da *m* verso L, il suo centro di gravità *s*, che è a livello col punto L, il quale ha la massima elevazione, andrà sempre discendendo sotto la linea orizzontale *s* L, fino a tanto che non sia giunto al detto punto L, quantunque in apparenza sembri ch'egli vada salendo. Tale è Tav. XII. Fig. 58. parimente il caso del doppio cono AR; e per poterne ben comprendere la ragione, uopo è rappresentare in prospettiva i due piani verticali inclinati, su di cui egli si rivolge.

467. Questi piani impertanto non sono tra se paTav. XII. Fig. 60. ralleli, ma cominciando dalle loro estremità A, e B, si vanno discostando l'un dall'altro a misura che procedono verso l'estremità opposte C, e D. La loro obbliquità poi su il piano orizzontale, ossia FE Fig. 58. (Fig. 58), ch'è la differenza tra l'altezza GD, e l'altezza HE, vuolsi fare alquanto minore di *e* I (Fig. 60), ossia del semidiametro della base del doppio cono, affinchè il centro di gravità del cono medesimo (ritrovandosi questo nella posizione K *e* L) sia alquanto più elevato della linea orizzontale IL Fig. 58. della Fig. 58. Ciò presupposto, non si avrà la menoma difficoltà a rendersi persuaso, che essendo il doppio cono AR collocato presso all'estremità B, e D dei piani suddetti; il suo centro di gravità, che è nel preciso suo mezzo, non farà altro, che discendere nel cominciare a rivolgersi verso gli opposti estremi C, ed E; attesochè si trova egli, in forza della sua costruzione, alquanto superiore alla linea orizzontale IL. Egli è vero, che andrebbe poi a salire proseguendo le sue rivoluzioni, per cagione dell'obbliquità

dei

dei piani; ma è da riflettersi, che di quanto viene egli elevato in virtù di siffatta obbliquità, d' altrettanto viene successivamente obbligato a discendere per virtù dell'inclinazione dei lati A K, R K del doppio cono; talmentechè durante l' intiero suo corso da B verso C, si ritroverà egli costantemente nelle circostanze, in cui era nel cominciamento delle sue rivoluzioni. Ma ivi abbiam veduto, che non facea se non se discendere; verrà egli dunque obbligato a discender parimente nell' intiero suo corso, siccome abbiam proposto di provare.

468. Tuttociò si rende assai più chiaro col riflettere, che nella prima posizione il doppio cono trovasi appoggiato su i piani colle sezioni *a b*, *c d*; indi con *f g*, *b i*: e finalmente colle sue estremità K, L, le quali si vanno assottigliando di grado in grado; ed in conseguenza fanno discendere proporzionalmente di mano in mano il centro di gravità, a misuea che il doppio cono vassi innalzando verso la sommità del piano. Tav.XII. Fig. 60.

469. Da tutte le particolarità fin quì dichiarate derivano come altrettanti corollarj le seguenti verità; cioè a dire, 1. che quando venga sostenuto il centro di gravità, verrà parimente sostenuto tutto il corpo; 2. che tuttociò, che sostiene il centro di gravità, viene a sostenere il peso dell'intiero corpo; 3. finalmente, che il sito occupato dal centro di gravità, riguardar si dee come il luogo di quel tal corpo.

470. Queste medesime dottrine ci somministrano similmente varj lumi per l'intelligenza di parecchi fenomeni particolari. Pongasi una sfera, od un cilindro, al di sopra del piano inclinato B F: vedransi essi tosto scender giù a tomboloni. Ma se in lor vece vi si ponga un cubo, verrà egli giù parimente; però in luogo di tombolare, non farà che scorrere, o strisciare al di sopra del piano. La spiegazione di questo fenomeno adottata generalmente da tutti i Meccanici, è la seguente. La sfera D appoggia su 'l piano B F col mezzo del punto L, che riguardar si dee come la sua base: la sua linea di direzione è H O; la quale cadendo al di fuori di L, non verrà sostenu- Tav.XII. Fig. 57.

ta in verun modo; e quindi la sfera comincierà a rotolare colla sua parte anteriore X L nell'atto che il suo centro H andrà discendendo lungo HR. Il cubo A all'incontro discende radendo il piano, per ragione che il suo centro di gravità non è impedito di discendere lungo la retta S T: non può egli tombolare al par della sfera; poichè per far ciò converrebbe, che si facesse centro di moto in *m*; nel qual caso il centro di gravità S sarebbe prima sforzato a salire, per poi descrivere tombolando l'arco S *r*: la qual cosa non può naturalmente seguire, attesochè siffatto centro ha la naturale proprietà di discendere, nè può giammai elevarsi senza di una forza esteriore.

471. Egli è da sapersi però, che questa spiegazione fu ritrovata erronea nell'antica Accademia delle Scienze di Napoli, ove giusta il rapporto di Monsignor Orlandi nelle sue note a Musschenbroek, si sperimentò più volte, che alcuni corpi venivano giù strisciando lungo il piano, quantunque la lor linea di direzione cadesse fuori della base. Per la qual cosa il risultato degli accurati esperimenti ivi praticati fu tale, che vuolsi aver per regola, che *i corpi scendono strisciando lungo il piano, qualora la retta, che dal lor centro di gravità si abbassa perpendicolarmente al*
Tav. XII. Fig. 57. *piano*, come sarebbe SP, *cade al di dentro della loro base*, qual sarebbe *m n*: laddove al contrario cadono a tomboloni *ogni volta che la detta linea normale esce fuori della base*, siccome vedesi espresso da H L. La ragione di ciò rendesi manifesta col risovvenirsi, che la gravità assoluta del corpo A, espressa da S*m*, può risolversi in SP, P*m*; la prima delle quali, cioè S P, cadendo dentro la base *m n*, vien sostenuta dal piano; e perciò non vi ha ragione, per cui il corpo debba tombolare: l'altra forza poi, ossia P *m*, obbliga il corpo a discendere soltanto radendo il piano. Nel corpo H all'opposto risoluta la forza HO in H L, L O; si scorge, che la normale HL cade al di fuori della base; e quindi non avendo il corpo H alcuna sorta di sostegno, forza è, che si rivolga verso giù, e cada a tomboloni,

fa-

facendo descrivere al suo centro di gravità l' arco HV.

472. A tenor di questa regola, se mai potesse darsi una sfera perfettamente omogenea, talchè il centro della sua gravità si ritrovasse esattamente nel suo centro, nè vi fossero ostacoli esteriori; scenderebbe ella giù radendo il piano; avvegnachè la normale al piano cadrebbe su il punto del contatto, il quale in tal caso riguardar si dee come la base della sfera.

473. Dalla natural tendenza, che ha il centro di gravità di scender sempre all' infimo punto, che più si accosti al centro della Terra, deriva altresì il meraviglioso fenomeno, che scorgesi d' ordinario in alcune figurine particolarmente costrutte. Facciasi una figura umana dell' altezza di circa un pollice e mezzo, e di un legno leggerissimo, qual sarebbe la *ferula*, o il midollo di sambuco: Veggasi la Figura 116 della Tavola XVI; indi s'incolli la sua base su di una mezza palla di piombo, qual sarebbe A, alquanto levigata. Ciò fatto, gettatela francamente sopra di un tavolino: vedrassi ella tosto in piedi; e per quanto vogliate sforzarvi a farla cadere, od anche a farla poggiar sul tavolino con qualunque dei suoi lati, non potrete giammai riuscirvi, perchè ella rialzandosi sempre con violenza, come fosse animata, porrassi diritta in piedi di bel nuovo. Inoltre una figura di smalto leggiero, rappresentante un ballerino, guernito di due contrappesi tra le braccia, o sotto ai piedi, come scorgesi nella Figura 121, si aggirerà, e ballerà francamente intorno al punto di appoggio del suo sostegno BC; e per quanto vogliasi far vacillare, vedrassi ritornar sempre al suo stato primiero di equilibrio. La ragione si è; che la figurina della Fig. 116 essendo leggerissima, ha il suo centro di gravità in un punto dell' asse dell' emisfero di piombo, suppongasi in *a*; e poichè un tal punto non può giammai ritrovarsi più basso, ossia più vicino al tavolino, se non qualora la detta figurina sta in piedi; sforzerassi ella costantemente di rimettersi in tal posizione. In simil guisa, avendo il lieve ballerino della Fig. 121 il centro di gravità, comune anche ai contrappesi, che

Tav. XVI. Fig. 116.

T. XVI. Fig. 121.

Fig. 116.

Fig. 121.

ei tien sotto ai piedi, molto al di sotto del punto di appoggio *c*; per quanto vogliasi agitare, vi si manterrà sempre equilibrato; conciosiachè il mentovato centro di gravità salir dovrebbe molto in su per isbilanciar la figura.

ARTICOLO II.

Del metodo di determinare il Centro di gravità di uno, o più Corpi.

474. La maggior parte delle riferite dottrine riuscirebbero in qualche modo infruttuose, se si tralasciasse di proporre quì il metodo da poter determinare il centro di gravità di uno, o più corpi. Abbiasi impertanto prima di tutto per regola generalissima, che il centro di gravità di qualunque corpo omogeneo risiede propriamente in quel punto, in cui si vanno ad intersegare tre piani perpendicolari l'uno all'altro, mercè di cui vien divisa in due parti uguali ciascuna delle tre dimensioni di quel tal corpo. Quindi nella piramide A B C, la cui massa suppongasi perfettamente omogenea, il centro di gravità è F, dove s'intersegano scambievolmente il piano BG, che divide la sua lunghezza in due uguali porzioni; il piano A C, che sega in due uguali parti la sua larghezza; e finalmente il piano DE, che divide in simil guisa la sua profondità.

Tav.XII. Fig. 61.

475. Per virtù di accurati, ed evidenti raziocinj si è rilevato, che il centro di gravità di una linea, di un parallelogrammo, di un parallelepipedo, di un cilindro, di un prisma, o di una sfera, risiede nel preciso mezzo delle accennate figure, supponendo la lor sostanza omogenea, e priva di voti interni sensibili. Quello di un triangolo giace nella linea, che tirata dal suo vertice, sega la sua base in due uguali porzioni; e propriamente in quel punto, che è distante dal detto vertice per li due terzi di siffatta linea. Quindi nel triangolo A B C il centro di gravità è posto nel punto E, la cui distanza dal vertice B uguaglia i due terzi di B D.

Tav.XII. Fig. 62.

476.

476. Il centro di gravità di un trapezio giace nel punto, ove si segano scambievolmente le rette, che congiungono gli opposti centri di gravità di quei triangoli, nei quali si può ripartire il trapezio stesso. Così nel trapezio A K L C, tirate le rette A L, C K, il suo vano si ripartisce nei quattro triangoli A K L, A C L, K A C, K L C. Se i centri di gravità di cotesti triangoli, ritrovati col mezzo proposto di sopra (§. 475), giaciono nei loro rispettivi punti F, G, H, I; il centro di gravità del trapezio sarà il punto S, ove si vanno ad intersegare le rette G I, F H. Vuolsi intender lo stesso di qualunque altra figura rettilinea composta di molti lati. Fig. 62.

477. Il centro di gravità di un cono solido risiede nel centro di un piano circolare parallelo alla sua base; il qual piano sia distante dal vertice del cono stesso per tre quarti di uno dei suoi lati. Conseguentemente il centro di gravità del cono A B C D sarà il punto F, siccome quello, che è il centro del piano circolare E G, il quale essendo parallelo alla base del cono A D C, è distante dal suo vertice B per tre quarti di uno dei suoi lati A B. Lo stesso intender si dee di una piramide solida. Che se il cono fosse voto al di dentro, si dovrebbe riguardare come un triangolo, e ritrovare corrispondentemente il suo centro. Fig. 63.

478. Nella parabola il centro di gravità risiede nel suo asse; e propriamente in quel punto di esso, che giace in distanza di tre quinti della sua lunghezza dal vertice. Per la qual cosa il centro di gravità nella parabola L D F risiede in un punto dell'asse D M, che è lontano dal vertice D per le tre quinte parti di D M. Tav. XI. Fig. 69.

479. Tuttociò riguarda, come ben si scorge, le figure regolari: ma se occorresse per avventura di ritrovare il centro di gravità di una figura piana irregolare, qual sarebbe per esempio A B C D; il metodo pratico d'aversi alla mano sarebbe il seguente. Sospendasi cotesto corpo alla cavicchia E col mezzo di un cordellino F G H; e facciasi pendere un filo a piombo, qual sarebbe E I, dall'anzidetta cavicchia, Tav. XII. Fig. 64.

osservando la sua direzione al di sopra del piano. Ciò fatto, si sospenda il piano medesimo all'indicata cavicchia E col mezzo di un altro punto del cordellino, che supporremo esser G. Facciasi di bel nuovo calare il filo a piombo E I dalla cavicchia: e il punto, dove cotesti due fili si andranno ad intersegare, sarà il centro di gravità richiesto. Ciò può benanche ottenersi col mezzo di un prisma triangolare in questo modo. Supponendo un tal prisma essere A B, e il corpo, di cui vuolsi rinvenire il centro di gravità, essere C D. Facciasi poggiar questo corpo secondo una direzione qualunque, e sia esempigrazia, secondo la sua larghezza, sullo spigolo del detto prisma, e si tiri con avvedutezza or quinci, or quindi, fino a tanto che rimanga in perfetto equilibrio. Si segni cotal linea di direzione, o sia *e f*. Non vi ha dubbio, che il centro di gravità di quel corpo risiede in un punto di siffatta linea: ma per poterlo determinar esattamente, vuolsi appoggiare lo stesso corpo C D in un'altra direzione sul medesimo angolo del prisma. Figuriamoci, che si appoggi secondo la sua larghezza *g h*; e che rimovendolo di quà, e di là, s'incontri finalmente l'equilibrio, allorchè poggia sulla linea divisata *g h*. Il punto *a*, ove queste due linee si vanno ad intersegare, sarà il centro di gravità del corpo C D. Così dovrassi praticare rispettivamente a qualsivoglia altro corpo.

T. XVI. Fig. 120.

480. Siccome vi ha in ogni corpo un punto, il quale tende al centro della Terra colla somma di tutte le forze di gravità, che competono a tutte le particelle, onde è composto quel corpo; così nella retta, che insiem congiugne i centri di gravità di uno, o più corpi, evvi un punto, il quale essendo sostenuto in qualunque modo, si fa sì, che i mentovati corpi rimangano in equilibrio; siccome scorgesi nei pesi di una bilancia, qualora trovansi equilibrati intorno al punto di sospensione. Al mentovato punto dassi la denominazione di *Centro comune di gravità*. Poichè occorre talvolta di dover determinare siffatto centro, ragion vuole, che si proponga quì il metodo da poterne venire a capo.

481.

481. Supponghasi dunque in primo luogo di dover-si ritrovare il comun centro di gravità dei due corpi A, e D, insieme uniti col mezzo della linea infles- T. XIII, sibile EG. Si divida la retta EG in modo tale, che Fig. 65. le due porzioni, che ne risultano, sieno tra loro reciprocamente come i corpi A, e D, congiunti mercè di essa; e il punto di divisione sarà il centro richiesto. Quindi, se la sfera A fosse di tre libbre, e D di una; ed oltreacciò la linea EG fosse lunga quattro palmi; converrebbe ripartirla in modo nel punto F, che la porzione EF fosse di un palmo, ed FG di tre; poichè allora FG sarebbe ad FE, come la sfera A è a D. Come in fatti considerando la porzione EF come la velocità di A, e la porzione FG come la velocità di D (la ragione di ciò sarà dimostrata nel §. 508); e moltiplicando EF, cioè un palmo, per 3, che è la massa di A; si avrebbe per prodotto 3, che uguaglia il prodotto, che nasce dal moltiplicare FG, ossia tre palmi, per la massa di D, che è uno. Se dunque le quantità di moto risultano uguali dall' una, e dall' altra parte; essendo la linea EG sospesa su 'l punto F, le due sfere resteranno in equilibrio; e per conseguenza un tal punto sarà il centro comune della loro gravità (§. 480).

482. Da ciò deriva una bellissima verità, ed è, T. XIII. che se la retta EG si riguardi come una trave so- Fig. 65. stenuta dalle spalle di due facchini in E, ed in G; e poi si ponga un peso al di sopra di F; la pressione, che farà cotesto peso sulla spalla del facchino collocato in E, sarà alla pressione, che farà sulla spalla dell' altro situato in G, come FG è ad EF; cosicchè se FG sarà di 3 palmi, ed EF di 1, giusta l' anzidetta supposizione; il facchino in E sosterrà tre quarti del peso, e quello in G ne sosterrà un quarto solo.

483. Queste verità ci somministrano parimente un mezzo facilissimo per poter ripartire un peso enorme ugualmente fra un certo numero di persone. Trattan- T. XVI. dosi, per esempio, che due facchini debbano impie- Fig. 119. gare ugual forza per portare il peso X sospeso al vette AB; è chiaro, che basterà collocarli in A, e

B, in ugual distanza dal peso X: e se invece di due se ne vogliano impiegar quattro, converrà applicare due vetti più corti *cd*, *ef* ai mentovati due punti A, e B del primo vette, e collocare i quattro facchini sotto ai punti *c*, *d*, *e*, *f*. Applicando poscia gli altri quattro vetti, *gh*, *ik*, *lm*, *no*, su i vetti antecedenti, nella guisa indicata dalla figura, vi si potranno impiegare otto facchini, e così via via, collo stesso artificio; giacchè sottoponendo essi le spalle alle estremità *g*, *h*, *i*, *k*, *m*, *n*, *o*; di cotesti vetti in ugual distanza da ciascuno dei punti di appoggio; niuno di essi verrà gravato più del compagno; ma contribuiranno tutti ugualmente a portare il detto peso. La quì riferita combinazione di leve può riuscire utilissima, qualora occorra di trasportare dei pesi rilevantissimi a forza di uomini senza punto imbarazzarsi l'un l'altro, come in parecchi casi si richiede.

484. Che se uopo fosse di rinvenire il comun centro di gravità di tre corpi invece di due, suppongasi di A, D, C; in tal caso converrebbe prima determinare il comun centro F di due di essi, cioè di A, e di D, secondo il metodo indicato di sopra: indi, considerando raccolta in cotesto punto F, come realmente la è, la gravità di ambidue i detti corpi; ripartire la retta FC in ragion reciproca delle masse; che val quanto dire in ragion reciproca della somma di A, e D, come esistenti nel punto F, e del corpo C. Il punto di divisione B sarebbe il centro richiesto. Così, essendo A di tre libbre, e D di una; converrebbe immaginarsi in F un corpo di quattro libbre, e quindi ritrovare il comun centro di questo corpo, e di C, che è di sei libbre, giusta il metodo già insegnato (§. 481). Laonde essendo FC di sei piedi, verrebbe ella divisa in modo, che BF sarebbe di quattro piedi, e BC di due.

T. XIII. Fig. 65.

485. Questo stesso metodo è applicabile a quattro, cinque, dieci, ed a qualsivoglia altro numero di corpi, di cui vogliasi determinare il centro comune di gravità. Vuolsi avvertire soltanto, che in qualunque caso, qualora il punto F, oppure il punto B, non sia nel preciso mezzo di EG, ossia di FC, la porzio-

T. XIII. Fig. 65.

zione maggiore della retta divisata dee sempre corrispondere al corpo più leggiero.

486. Non solamente nei corpi, i quali sono effettivamente congiunti tra essi, vi ha un centro comune di gravità, ma egli esiste benanche tra quelli, che hanno qualche sorta di dipendenza l'un dall'altro. Per la qual cosa vuolsi aver per fermo, che un tal centro esiste realmente fra la Terra, e la Luna; fra il Sole, ed i rimanenti Pianeti; siccome quelli, che operano scambievolmente gli uni su gli altri mercè la forza di attrazione: e siccome la natura di cotesto centro abbiam detto esser quella di avere in se raccolte le forze di ambidue i corpi, ai quali è comune (§. 484); così ognun comprende, che i centri comuni dei rispettivi Pianeti, e del Sole, son quelli, i quali descrivono esattamente la loro orbita intorno al Sole medesimo, che è il centro di tutto il Sistema. Nè è cosa difficile il rinvenirli; qualor sien già note le masse, e le distanze dei rispettivi Pianeti; e quindi si faccia uso della regola dichiarata nel §. 481. Sapendo, per esempio, che la massa della Terra è a quella della Luna presso a poco come 70 a 1 (quantunque attesa la minor densità di questa ultima, il volume della Terra non superi che di 49 volte quello della Luna); ed oltreaciò che la distanza media della Luna dalla Terra è di circa 60 semidiametri terrestri, ciascuno dei quali uguaglia 3 mila, e 600 miglia a un di presso; si potrà ritrovare immediatamente il lor centro comune di gravità. Lo stesso intender si dee di tutti i rimanenti Pianeti.

AR-

ARTICOLO III.

Del Centro di gravità nella macchina dell' Uomo, e dell' uso, che ne facciamo.

487. Non è da passarsi sotto silenzio, che vi ha eziandio un centro di gravità nelle macchine animali; e che nel corpo dell' uomo, qualor stia ritto in piedi, si è ritrovato giacere nella direzione di una retta perpendicolare all' orizzonte, la quale passando tra le natiche, e il pube, va poscia a cadere tra i suoi piedi; e propriamente in quel punto di siffatta linea, che corrisponde un poco al di sotto dell' ombelico. Quivi ritrovollo l' insigne Alfonso Borelli, applicando l' angolo di un prisma triangolare al di sotto di una tavola, su cui l' uomo era disteso nel modo
T. XVI. Fig. 122. indicato dalla Fig. 122 della Tavola XVI. Tuttavolta cadde su di ciò qualche dubbio nell' animo del Canonico de Bernardi, celebre pel suo eccellente Trattato, che ha per titolo: *L' Uomo galleggiante*, *ossia l' Arte ragionata del Nuoto*, uscito dai torchj della R. Stamperia di Napoli nel 1794. Imperciocchè essendosi egli messo a giacere supino, ed orizzontalmente sull' acqua, tenendo le braccia incrocicchiate sul petto, rinvenne, che il suo corpo sommergevasi nell' acqua orizzontalmente, qualora la pressione facevasi, col mezzo di un bastone, o altrimenti, al di sotto dello *sterno*, e segnatamente sulla *cartilagine ensiforme*. Dal che dedusse, che quivi risedesse il centro di gravità del corpo umano, e che il risultato diverso ottenuto da Borèlli, fosse derivato dall' aver questi disteso l' uomo sulla tavola, la quale costituendo una massa sola col corpo umano, e progettando per avventura più da una parte, che da un' altra del corpo medesimo, poteva alterare il sito del chiesto centro di gravità. Il fatto si è, che avendo io istituito con essolui degli accurati esperimenti, giusta il metodo di Borelli, abbiam rinvenuto, che qualunque sia la posizione delle braccia; o che sieno distese lungo i fianchi, e le cosce, o sieno incrocicchiate sul petto, o final-

finalmente aperte in croce; e sia l'uomo disteso nel preciso mezzo della tavola, oppure alquanto sporto più verso l'una, che l'altra estremità della tavola medesima; il centro di gravità cade costantemente al di sotto dell'ombelico, in distanza di due, o di quattro dita, a norma delle diverse circostanze testè mentovate. Per la qual cosa si è conchiuso, che la necessità di applicar la forza sulla cartilagine ensiforme per deprimere il corpo orizzontalmente nell'acqua, derivi dalla maggior resistenza, che l'acqua medesima oppone al dorso, ed alle spalle, a confronto di quella, che presenta alle membra inferiori.

488. Le provvide mire del sapientissimo Architetto della macchina dell'uomo risplendono oltremodo nel vedere scempie quelle parti del corpo, che trovansi collocate nel mezzo; cioè a dir la fronte, il naso, il mento, l'addomine, ec., ed al contrario raddoppiate tutte quelle altre, che son disposte nei lati; come gli occhi, gli orecchi, le braccia, ed altre tali. Imperciocchè, essendo l'uomo destinato a reggersi sulle piante dei piedi, era assolutamente necessario, che fosse perfettamente equilibrato in ambidue i lati; altrimenti sarebbe stato egli tratto sempre a cadere verso quel fianco, ove il peso delle membra sarebbe stato maggiore; avvegnachè il proprio centro di gravità non si sarebbe ritrovato nel preciso suo mezzo.

489. Reca per verità infinita meraviglia il riflettere alla scrupolosa attenzione, che sogliam prestare di continuo a siffatto centro per forza di un abito inveterato, non che all'ingegnoso artifizio, onde sogliam regolarne la direzione nei varj movimenti della nostra macchina, sia nel camminare, sia nello star seduti; nell'alzarci, nell'abbassarci, nel salire, nel portar addosso, nel tirare, o rispignere; ed in tante altre azioni di somigliante natura. Qualora stiam seduti, la linea di direzione del centro di gravità del nostro corpo cade sulla parte, onde sediamo; nè ci possiamo alzare altrimenti, se non col chinare il tronco, la testa, e le ginocchia verso il d'avanti, affin di far cadere la detta linea di direzione tra le piante dei nostri piedi. Di fatti tra queste ella cade, qualora siam

ritti

ritti in piedi; ed in tal positura ci ritroviamo più fermi tenendo le gambe alquanto disgiunte, che tenendo i piedi accoppiati; poichè in questo ultimo caso la base rendesi minore. Provate a reggervi su di un piede solo; e scorgerete, che non vi riuscirà di restar fermi, se non chinando il vostro corpo un pochino verso il lato corrispondente a quel tal piede, per far sì, che la mentovata linea di direzione cada precisamente sulla pianta di quello. Riflettete un poco a quel che fate nell'atto del camminare, e vedrete, che tutto l'artificio consiste nel portar la linea di direzione alternativamente dall'uno sull'altro piede. Come in fatti per poter dare un passo, uopo è alzare, per esempio, la gamba diritta, e chinare alquanto il corpo, oppur portarlo in avanti, acciocchè la linea di direzione cada fuori della base: ma siccome ciò facendo andremmo inevitabilmente a cadere, appoggiam subito a terra il detto piede; poichè così l'indicata linea viene a ritrovarsi tra la pianta di questo piede, e quella del sinistro, che è rimasta un poco indietro. Per poter dare il secondo passo è necessario di portare un pò innanzi il piede sinistro; e nell'atto, che egli è ancora in aria, chinare il nostro corpo verso la stessa parte per ispigner la linea di direzione fuori del piede diritto, che costituisce per allora la nostra base: e poichè andremmo a cadere, appoggiamo a terra immantinente l'altro piede, che è sospeso; e facciam sì, che la base venga costituita da ambedue le piante: e questo stesso artificio si ripete esattamente in tutti gli altri passi successivi. I vecchi di età decrepita, i quali sogliono esser molto curvati in avanti, non possono reggersi senza il bastone; poichè allora la linea di direzione, che a motivo di quella tal curvità andrebbe a cadere naturalmente al di là delle piante dei loro piedi, trovando la base accresciuta in virtù del bastone, cade tra il bastone medesimo, e le piante mentovate.

490. Nel sormontare il giogo di un monte, oppur nel fare una ripida salita, qualor ci tenessimo ritti sulla vita, la linea di direzione cadrebbe fuori dei nostri piedi, e tanto più all'indietro di quelli, quan-

to è più erta la salita. Rammentatevi del meraviglioso istinto, che la Natura ci suggerisce in tal caso. Chiniam tosto il nostro corpo verso il d'avanti; e tanto maggiormente, quanto la salita è più scoscesa. In virtù dell'istinto medesimo pratichiam tutto il contrario nel discendere, portando il corpo chinato all'indietro; poichè la linea di direzione ci trarrebbe a cadere in avanti. Altro però non facciamo in ambidue i casi, se non se aggiustare il nostro corpo in modo, che la linea di direzione vada a cadere tra i nostri piedi.

491. Osservate il facchino come curva il suo corpo in avanti, qualor porta sulle spalle un gravissimo peso. Ben vedete, che in tal caso la macchina dell'uomo, e 'l fardello, onde è caricata, costituiscono un corpo solo; e che la linea di direzione di ambidue andrebbe a cadere infallibilmente al di fuori delle calcagna del facchino, s'egli non avesse il corpo chinato in avanti.

492. Sarebbe lo stesso, che voler comporre un intiero volume su questo unico soggetto, s'altri volesse tener dietro minutamente a tutti i diversi moti del nostro corpo, non altrimenti che a quelli dei bruti. I lumi finora indicati sono sufficientissimi a farvi comprendere il meccanismo di qualunque moto animale, dipendente da questo principio; e gli equilibristi, e ballerini da corda, vi somministreranno mille motivi da poterne fare l'applicazione; giacchè la loro pressochè prodigiosa destrezza in altro non consiste, se non nel far cadere la linea di direzione del loro corpo al di sopra della propria base, in tutte le loro differenti, e straordinarie positure.

AR-

ARTICOLO IV.

Del Centro di percossa nei Corpi in moto.

493. Per poter acquistare una giusta, e adeguata idea del centro di percossa, fa mestieri d'incominciar a considerare una verga del tutto uniforme nella sua lunghezza, e mobile intorno ad un punto, che dicesi perciò *Asse di moto*. Sia dunque siffatta verga espressa da A D, mobile all'intorno di A. Essendo ella nella situazione orizzontale A D, le diverse particelle A, B, C, D, ec., che la compongono, gravitano tutte verso il centro della Terra in proporzione della loro massa: e se la detta verga fosse libera in ambidue gli estremi A, e D, cosicchè potesse scender giù in direzione parallela all'orizzonte; tutte coteste particelle discenderebbero colla medesima velocità. Ma poichè l'estremità A è girevole intorno all'asse di moto, come si è supposto; scorgesi ad evidenza, che qualora l'opposto capo D si lascia in piena libertà, le divisate sue particelle B, C, D, ec. vengono giù con velocità disuguali, che sono d'altronde proporzionali alle loro rispettive distanze A B, A C, A D, dal centro di moto A. Come in fatti facendo scender giù siffatta verga; nel tempo, che la particella B discenderà l'arco B E, la particella C trapasserà l'arco C F, e la particella D l'arco D G. Dal che ne avverrà, che coteste particelle ritrovando degli ostacoli nei punti loro rispettivi E, F, G, gli andranno a percuotere con forze proporzionali alle accennate loro velocità, supponendo uguale tutto il resto.

T. XIII. Fig. 66.

494. Egli è dunque indubitato, che qualora le mentovate particelle B, C, D, sieno considerate come indipendenti l'una dall'altra, e del tutto isolate, posséderanno in se una maggior forza di percossa, a misura che si troveranno più distanti dall'indicato centro di movimento. La cosa però non è in fatti così; attesochè le dette parti sono strettamente insieme

T. XIII. Fig. 66.

con-

connesse mercè la natural forza di coerenza; ed il riguardarle come disgiunte non è che l'opera della nostra immaginazione. Siam dunque istrutti dall'esperienza, che le parziali forze di tali particelle compongono un tutto insieme, cui chiamerem forza di tutta la verga; e che siffatta forza non è la massima nel punto D, come nel primo caso, ma bensì in un altro punto collocato fra gli estremi A, e D; come per esempio in C. Or questo tal punto è ciò, che si denomina propriamente *Centro di percossa*.

495. Una delle proprietà, ch' egli possiede, si è quella di rimanere del tutto immobile dopo l'atto della percossa contro di un ostacolo fisso: segno evidentissimo, che egli impiega su di quello tutta la sua forza, la quale vien conseguentemente distrutta dalla riazione dell' ostacolo medesimo in parte contraria; cosichè se la verga AD fosse disimpegnata dal centro A nell'istante della percossa, rimarrebbe affatto immobile nella situazione AG. La qual cosa fa parimente vedere, che la forza di una tal verga è la massima nel punto C (o in altro simil punto, esistente tra A, e D); e che la forza, che compete alle parti esistenti tra A, e C, uguaglia la forza delle particelle, che giacciono nell' altro lato fra C, e D; altrimenti non essendo quelle bilanciate, non potrebbe la verga restare immobile in tutta la sua lunghezza. Bisogna dunque conchiudere, che i movimenti delle particelle della verga, frapposte tra il centro di percossa C, e l'uno, e l'altro estremo, sieno tra se in ragion reciproca delle loro distanze dal centro divisato. T. XIII. Fig. 66.

496. Potrebbe forse sembrare strano a taluno, che il centro di percossa non debba esser lo stesso che il centro di gravità; sulla considerazione di essersi già detto, che nel centro di gravità si riguardano come accumulate tutte le gravità parziali, che competono alle particelle componenti un dato corpo. Vuolsi badare, che ragionando del centro di gravità, abbiam considerato i corpi in quiete, ed in conseguenza la forza di gravità come morta, ossia non nel caso di produrre alcuna sensibile velocità. Quì al contrario

con-

consideriamo i corpi in moto attuale, e perciò capaci di operare, e percuotere altri corpi, mercè la velocità generata nell'atto di un tal movimento: oltreachè uno degli estremi di siffatti corpi si suppone girevole intorno ad un centro di moto; dal che ne nascono differenti velocità nelle differenti particelle di quelli, siccome abbiamo osservato (§. 493). In effetti, se questa differenza di velocità non avesse luogo, come succederebbe realmente, qualora la verga
T. XIII. Fig. 66. AD fosse del tutto libera in ambidue gli estremi, talchè potesse scender giù in direzione parallela all'orizzonte; il centro di gravità sarebbe precisamente lo stesso che il centro di percossa.

497. Il metodo per determinare il centro di percossa è precisamente lo stesso di quello, che si è proposto nel §. 423, affin di determinare il centro di oscillazione; attesochè ambidue questi centri vanno a concorrere nel medesimo punto, quantunque sieno fra loro essenzialmente diversi. Tuttavolta però porta il pregio di rapportar quì come di passaggio, che in virtù di accurati calcoli si è determinato, che il
T. XIII. Fig. 66. centro di percossa in una linea è distante dal punto di sospensione, espresso da A, per li due terzi della lunghezza dell'intiera linea. La stessa regola vale similmente per un parallelogrammo; talmentechè nel
Fig. 67. parallelogrammo ABCD, il cui asse di moto fosse BA, il centro suddetto giacerebbe nel punto G, che è lontano da siffatto asse poi due terzi di EF. Poco altrimenti in ultimo andrebbe la cosa, se il parallelogrammo ABCD fosse un cilindro.

498. In un triangolo poi mobile, per cagion di esempio, intorno al suo vertice, il mentovato centro giace nella linea, la quale tirata dal vertice stesso, divide la sua base in due uguali porzioni; e propriamente in un punto di quella linea, che è distante dall'asse di moto per tre quarti dell'intiera sua lun-
T. XII. Fig. 62. ghezza. Per la qual cosa nel triangolo ABC mobile intorno a B, il centro di percossa risiede propriamente in E, che è lontano da B per li tre quarti di BD. Ciò che si è detto del triangolo, si dee intender parimente della piramide.

499.

499. Volendosi venire all' applicazione delle testè rapportate dottrine, ne risulterebbe con somma evidenza, che la massima percossa, che altri volesse dare col mezzo di un bastone impugnato colla mano, si otterrebbe unicamente nel caso, che la detta percossa si desse con quella parte del bastone, che è distante dalla mano pe' due terzi della lunghezza del bastone medesimo; poichè la mano in tal caso riguardar si dee come il centro di moto. Che però a tenore di questa regola si darebbe la massima percossa col bastone A D, qualora quella si desse colla sua parte C, distante della mano A pei due terzi di A D. T. XIII. Fig. 64.
Ciò poi sarebbe vero a rigore, se il bastone fosse perfettamente cilindrico da cima a fondo: ma poichè di ordinario suol esser egli alquanto più sottile verso la punta, ed inclinante alla forma conica; la detta parte non sarà precisamente il punto C, ma bensì un altro punto alquanto più prossimo alla mano A.

500. In simil guisa, se le spade fossero perfettamente triangolari, oppur piramidali, siccome prossimamente lo sono, si avrebbe il colpo della massima efficacia (battendo di taglio, qualor fosse dato verso i tre quarti della loro lunghezza: ma per cagione di non esser la lor figura del tutto regolare, il detto punto della massima percossa giace in una parte di esse, che è molto più vicina alla mano dei tre quarti della loro lunghezza.

501. Ecco gettate, per così dire, le sode fondamenta della Scienza meccanica, i cui principj passeremo ora a dichiarare colla medesima brevità, e precisione.



LEZIONE X.

Sulla Meccanica:

ARTICOLO I.

Cosa s'intenda per Meccanica, e quale sia il principio fondamentale di essa.

502. Le forze moventi, il cui esame ha costituito il soggetto di alcune di queste Lezioni, applicar si sogliono a sollevar dei gran pesi, ed a superar resistenze col mezzo di alcune Macchine, per la cui virtù le potenze motrici si moltiplicano, per così dire, all'infinito; e quindi si fa in modo, che una picciola forza si renda capace di vincere una gran resistenza. Di quì nasce, che a quella parte della Fisica la quale si versa su di tale oggetto, si dà giustamente il nome di *Meccanica*, derivato dal greco vocabolo μηχανη, che significa macchina. A rigore però questa tale scienza, la quale tratta dell'equilibrio delle potenze, e dei pesi, riceve la denominazione di *Statica*; e si attribuisce *particolarmente* il nome di Meccanica a quella che considera i corpi in movimento, e le leggi, che li riguardano siccome abbiam fatto nelle antecedenti Lezioni. Onde è poi, che la Meccanica *in generale* ha per oggetto le leggi dell'equilibrio, e del movimento dei corpi.

503. Le forze motrici, di cui quì si ragiona, sì nel caso, che operino immediatamente sulle resistenze mercè dell'imediato contatto dei corpi, che agiscono vicendevolmente l'un contro l'altro, siccome finora abbiam supposto; sì qualora operano su di quelle coll'interposizione di una Macchina qualunque, derivano sempre dal principio dichiarato nel §. 112; cioè a dire dalla massa dei corpi in moto, e dalla loro velo-

velocità. Per la qual cosa essendosi già dimostrato (§.114), che le quantità di moto, ossia i momenti di due corpi, sono tra se uguali, quante volte le loro velocità sono in ragion reciproca delle loro masse; si dee francamente conchiudere, che una potenza qualunque, la quale si sforzi di vincere un ostacolo, o vogliam dire, per esempio, di sollevare un peso, cui chiameremo anche *Resistenza*, sarà in equilibrio colla medesima, qualora la velocità dell' una eccede di tanto la velocità dell'altra, di quanto la massa di questa è maggiore della massa di quella.

504. Questo è il principio fondamentale; su di cui è appoggiata tutta la Scienza meccanica; e da esso dipende per conseguenza tutta la efficacia delle Macchine di ogni genere; siccome quelle, che son costrutte in modo, che scemando la velocità dei pesi, ossia delle resistenze, aumentano la velocità delle potenze, che si sforzano di superarle; e quindi fan sì, che una picciola potenza possa contrabilanciare, e vincere le resistenze di gran peso.

505. Dal che si scorge a chiaro lume, che nel far uso di una Macchina qualunque, quanto si guadagna di forza nella potenza, altrettanto si perde di tempo nel sollevare la resistenza. Un uomo, il quale avesse forza sufficiente per sollevar colle sue braccia il peso di un cantajo con una determinata velocità, non può in alcun modo sollevare col mezzo di una Macchina un peso di due cantaja colla medesima velocità: può però sollevarlo agevolmente colla metà soltanto di quella tale velocità; siccome potrebbe parimente sollevarne uno di cento, o di mille cantaja, colla centesima, oppur colla millesima parte di quella data velocità. Ed è cosa degna della più matura considerazione, che la quantità di moto, la quale si genera nel sollevare un peso di un cantajo, non è maggiore di quella, che si produce nel sollevarne mille; attesochè a proporzione che cresce il peso, la sua velocità si va scemando di mano in mano, e siegue del ritardo nel tempo, che si richiede per poterlo sollevare. Si abbia dunque per massima infallibile, che ripugna assolutamente alle leggi della Natura, che una data po-

tenza, atta a sollevare un determinato peso, possa sollevare un peso maggiore di quello, mediante qualunque Macchina, col medesimo grado di velocità, e nello stesso spazio di tempo. Egli è ragionevole adunque il riguardare le Macchine meccaniche unicamente come altrettanti mezzi da poter trasmettere il moto da corpo a corpo, ed affatto incapaci di produrre una nuova quantità di movimento, che prima non vi fosse.

ARTICOLO II.

Delle Macchine semplici, e prima di tutto della Leva di primo genere.

506. Le Macchine, di cui si fa uso nella Meccanica, si ripartiscono in *semplici*, ed in *composte*. Le Macchine semplici sono sei; cioè a dir la *Leva*, ossia il *Vette*; l' *Asse nella Ruota*; la *Carrucola*, ossia *Pulegia*; la *Vite*; il *Piano inclinato*, e il *Cuneo*. Le Macchine composte esser possono innumerabili; giacchè risultano dalla diversa combinazione delle Macchine semplici testè mentovate.

507. Per ciò, che riguarda la *Leva*, che è a dir vero, la più semplice di tutte le Macchine, e di cui si fa uso principalmente nel sollevare gran pesi a picciole altezze, vuolsi sapere esser ella composta di una verga inflessibile appoggiata su di un punto, che può
Tav. XIII. riguardarsi come il suo centro di moto. Tal' è la ver-
Fig. 68. ga A B, il cui centro di moto, *Fulcro*, *Ippomoclio*, o *Punto di appoggio*, che dir si voglia, vien rappresentato da C. Ella è di tre generi; ed una tal distinzione nasce appunto dal diverso sito, che il punto di appoggio può occupare rispettivamente alla potenza, ed alla resistenza, che si vuol superare. Dicesi *Leva del primo genere*, qualora il punto di appoggio trovasi frammezzo alla potenza, ed al peso, come nella
Tav. XIII. Fig. 68. Si denomina *Leva del secondo genere*, quan-
Fig. 68. te volte il peso è collocato tra il fulcro, e la poten-
Fig. 69. za, come nella Fig. 69; e si dà finalmente il nome di *Leva del terzo genere* a quella, in cui tra la resisten-

stenza, e il punto di appoggio vi si frappone la potenza. Tal'è quella, che vien rappresentata dalla Fig. 70. Fig. 70.

508. La natura di questa Macchina è tale, che le velocità corrispondenti alla potenza, ed al peso, vengono rappresentate dagli archi, che essi descrivono nel medesimo tempo intorno al comune lor centro di moto, ossia punto di appoggio. Di fatti, tostochè la potenza M si applica alla leva BA per sollevare il peso N; qualora questo peso sarà giunto in E, la potenza M sarà discesa fino a D; cosicchè passando la Leva dalla situazione orizzontale nella situazione DE, indicherà, che la potenza M avrà corso lo spazio, ossia l'arco BD, in tempo che il peso N avrà trapassato l'arco AE. Questi archi dunque rappresenteranno le rispettive loro velocità in tempi uguali. E poichè siffatti archi, per esser simili, sono tra se come i loro raggi CB, CA, che rappresentano le due braccia della Leva; ne siegue per conseguenza, che le velocità della potenza M, e del peso N, verranno precisamente espresse dalle rispettive braccia della Leva medesima; cosicchè il braccio CB esprimerà la velocità della potenza M, e il braccio opposto CA quella della resistenza N. Queste tali velocità rappresentar si possono eziandio col mezzo degli spazj perpendicolari EG, DF, corsi nel tempo stesso dalla potenza, e dal peso; essendo anche siffatti spazj fra loro come i divisati archi. Fig. 71.

509. Dalle cose fin quì dette si scorge ad evidenza, che a misura che il braccio CB della Leva si aumenta in lunghezza, si accresce similmente la velocità della potenza M, ed in conseguenza la sua quantità di moto; e che a proporzione che si diminuisce l'opposto braccio CA, si scema la velocità della resistenza N, e conseguentemente rendesi minore la sua quantità di moto. Sicchè si può generalmente conchiudere, che *nella Leva del primo genere si costituisce l'equilibrio fra la potenza, e il peso, ogniqualvolta questo è a quella nella ragione inversa delle indicate due braccia della Leva*. Istituiamone un esperimento, che servirà benanche di esempio. Vuolsi soltanto avverti- Tav. XIII. Fig. 68.

re preventivamente, che in Meccanica i pesi sostituir si possono ugualmente alla resistenza, che si vuol vincere, ed alla potenza, che la vuol superare. Sicchè sarà lo stesso adoperare negli esperimenti la potenza M, che il peso M, siccome potrà farsi uso del peso N per esprimere qualunque resistenza applicata alla Leva in luogo di N.

Tav.XIII. Fig. 68. 510. Prendasi una Leva, qual sarebbe A B, e si collochi il fulcro C in sito tale, che le due braccia di essa A C, B C, sieno tra loro come 1 a 3, cosichè A C sia lungo un piede, e BC tre piedi. Allora, se la resistenza N, che si dee sollevare, avrà il peso di tre once, basterà applicare un peso di un oncia all' opposto punto B della Leva per costituire l'equilibrio fra questi due pesi: ed ognun vede, che in questo caso il peso di tre once è al peso di un'oncia nella ragione inversa delle corrispondenti braccia della Leva; delle quali braccia quello che corrisponde al peso di tre once, è di 1 piede, e quello che riguarda il peso di un' oncia, ha la lunghezza di 3 piedi.

511. Si può variare l' esperimento coll' adattare successivàmente all'estremità del braccio CA pesi di 6, Fig. 68. di 9, di 12 once, ec.; imperciocchè si scorgerà sempre, che i medesimi verranno equilibrati coll' applicare in cima dell'opposto braccio BC un peso di 2 once contro quello di 6; uno di tre once contro quello di 9; uno di 4 once contro quello di 12; e così in appresso; per la ragione, che 6 a 2; 9 a 3; 12 a 4, sono fra se nella ragione inversa delle due braccia della Leva; le quali abbiam supposto (§. 510) esser tra loro come 1 a 3.

512. Ecco dunque, che non ci è peso, per ismisurato che egli sia, il quale applicato al punto A di Tav.XIII. Fig. 68. una Leva, non si possa sollevare da una potenza quanto si voglia minima applicata a B, potendosi il braccio C B della Leva allungare in tal proporzione al braccio A C, che quello sia a questo nella ragione inversa della mentovata minima potenza all'indicato enorme peso. Archimede dunque non intendeva di corbellare allor che disse: *Da ubi consistam: & Cœlum, Terramque movebo*. Datemi un punto di appoggio,

gio, che io scardinerò la Terra, e il Cielo. Sapea ben egli però, che quando anche avesse avuto in pronto il fulcro, e la Leva atta all'uopo, non avrebbe giammai potuto riuscire nella sua intrapresa; non già perchè la sua forza applicata a quella esser non potesse più che sufficiente a superar la resistenza del Globo terraqueo, e dei corpi celesti, ma per cagion del tempo, che gli sarebbe convenuto d'impiegare per potervi riuscire (§. 505). E' tale il peso del solo Globo terraqueo, che posto il fulcro anche nella picciola distanza di 6000 miglia dal suo centro, il braccio della Leva, a cui dovrebbesi adattar la potenza, dovrebbe esser lungo 12 quadrilioni di miglia. Quindi è, che la potenza di un uomo ivi applicata, quantunque avesse la celerità di una palla di cannone, pure richiederebbe 27 bilioni di anni per sollevar la Terra di un pollice.

513. Le assegnate proporzioni (§. 509) per costituir l'equilibrio fra la potenza, e il peso, hanno luogo soltanto in quei casi, in cui la potenza opera in direzione perpendicolare al braccio della Leva: ma se mai siffatta linea di direzione fosse obbliqua, in tal caso la proporzione suddetta verrebbe a variare corrispondentemente all'angolo dell'obbliquità. Che sia così, la potenza E, che esercitasse la sua azione contro la Leva AC nella direzione obbliqua EC, non eserciterebbe tutta la sua forza per vincere la resistenza A; poichè risolvendo la forza EC nelle due altre DE, DC, si scorge ad evidenza, che DE soltanto è impiegata a deprimere la Leva; e che l'azione di CD tende piuttosto a tirarla su 'l suo fulcro B nella direzione orizzontale CB. Per la qual cosa, affin di rintracciare in questo caso la necessaria proporzione tra la potenza, e il peso, uopo è tirare dal fulcro una retta, che sia perpendicolare alla linea di direzione della potenza. Tirando dunque BG perpendicolare ad EC; converrà, che la potenza E sia alla resistenza A, come AB è a BG: altrimenti non vi sarà equilibrio fra esse. La ragione si è, che l'azione della potenza E è invariabile in qualunque punto frapposto tra E, e C. Sicchè supponendola in G, Tav. XIII Fig. 71.

invece di supporla in E, la sua distanza dal centro di moto, ossia dal fulcro B, sarà espressa da BG. Dunque per formar l'equilibrio convien necessariamente, che G sia ad A, come AB a BG (§.509). Costituito che sia l'equilibrio, una picciola forza aggiunta all'azione della potenza, vincerà immediatamente l'ostacolo.

514. Quel che si è detto nell'antecedente paragrafo intorno alla Leva del primo genere, è applicabile non solamente alle rimanenti specie di Leve, ma eziandio a tutte quelle altre Macchine, che sogliensi dai Meccanici ridutre alle Leve, come in appresso osserveremo.

515. Reca stupore il riflettere a quanti variati usi siesi applicata questa Leva di primo genere, la quale è infinitamente comoda per cagione dell'estrema sua semplicità. Per mentovarne alcuni pochi diremo, che le due aste delle forbici ordinarie sono due Leve del primo genere, il cui punto di appoggio è il chiodo, ossia il perno, che le unisce insieme; e la resistenza è il corpo, che si vuol tagliare: onde è, che la loro efficacia rendesi maggiore, a misura che son più lunghe le aste, che si tengon fra le mani, e la resistenza è più vicina al perno, siccome scorgonsi di ordinario nelle botteghe dei fabbri, e di altri simili Artefici. Lo stesso vuolsi intendere delle tanaglie, dello smoccolatojo, e delle pinzette. Quella spezie di Altaleno, adoperata generalmente dai nostri Ortolani per attigner l'acqua, son per dire in un attimo, dai loro pozzi poco profondi, non è che una Leva di primo genere; ad una delle cui estremità si applica il secchio, o il bigonciulo, che scende nel pozzo, qualor si deprime quel tal capo di Leva; ed all'altra la potenza, ossia la mano dell'uomo, che la mette in azione; dovechè la Leva stessa è impernata su di un alto sostegno, che le serve di appoggio. Finanche le Navi ritraggono il lor massimo vantaggio da questo genere di Leva; facendo gli alberi in esse l'ufficio di Vetti, il cui punto di appoggio è il sito, in cui sono incassati; la potenza è il vento, che soffia sulle vele; e la resistenza è l'acqua, cui debbono solcare.

Quin-

Quindi s' intende la ragione, per cui la efficacia del vento si accresce a proporzione che le vele sono di maggior estensione, e tirate più in alto, ossia a maggior distanza dal fulcro.

516. La Bilancia comune, di cui facciam uso per paragonare il peso di differenti corpi; è parimente una Leva del primo genere: e poichè in essa il fulcro, ossia il centro di moto A, è collocato nel preciso mezzo delle due braccia AB, AC, uguali tra se non meno in lunghezza, che in peso; francamente si deduce, che per formarsi l'equilibrio uopo è, che la potenza uguagli appuntino la resistenza. Egli è poi dell'intutto indifferente, che i suoi bacini D, E, sieno più, o meno distanti dai punti di sospensione B, C; conciossiachè qualunque sia la distanza dei corpi sospesi ai mentovati punti, il loro centro di gravità si riguarda sempre come esistente nei punti medesimi, non cambiandosi perciò in verun modo la linea di direzione: ed è facile il convincersi col mezzo di un esperimento, che se il peso E forma equilibrio col peso F, quando questo è pendente dall' estremità del filo BG, resterà parimente equilibrato, qualor si ponga su 'l bacino D. Tav. XIII. Fig. 72.

517. Dalla natura di questo genere di Leva, dichiarata nel §. 509, deriva il modo di formare una falsa Bilancia; che val quanto dire una Bilancia tale, che serbi l'equilibrio sì quando è vota, che qualora è caricata di pesi, quantunque i medesimi non sieno tra se uguali. Però dalla natura della stessa Leva si deduce similmente il metodo, onde accorgersi di siffatto inganno. La Bilancia si rende fallace ognorachè il fulcro A non si ritrova nel preciso mezzo delle due braccia AB, AC; ossia qualora uno delle braccia è alquanto più lungo dell'altro; colla condizione però, che il braccio più corto ecceda in peso il più lungo di quanto è necessario per poterlo contrappesare perfettamente. In tal caso la Bilancia sembrerà giustissima; eppure i pesi, che si vedranno equilibrati su di essa, non saranno uguali; ma quello, che è sospeso al braccio più lungo, sarà minore dell'altro; con cui, ciò non ostante, resterà egli equilibrato, per cagione del- Tav. XIII. Fig. 72.

della maggiore sua velocità (§. 509): e questa tale differenza di peso sarà sempre proporzionale alla differenza, che passa fra le lunghezze delle due braccia della Bilancia; cosicchè, se il braccio A B sia di nove pollici, ed A C di otto; un peso di otto once applicato al punto B si equilibrerà con un peso di nove once applicato al punto C. Per iscoprire un tale inganno basterà soltanto variare i pesi; facendo sì; che il peso di otto once penda dal punto C, e quello di nove once dal punto B; poichè allora, non essendo i pesi tra essi nella reciproca ragione delle braccia, non serberanno più l' equilibrio come dianzi.

518. Per la qual cosa, affinchè una Bilancia sia veramente giusta, si richieggono le seguenti condizioni. La prima si è, che le sue braccia debbono essere uguali non meno in lunghezza, che in peso. La seconda, che il centro di gravità dell' intiera asta B C si ritrovi un poco al di sotto del centro di moto A; imperciocchè in tal maniera deprimendosi uno delle braccia della Bilancia, si solleverà egli tosto di bel nuovo per restituir l' equilibrio; giacchè così facendo, il centro di gravità scenderà verso giù corrispondentemente alla sua naturale propensione. La terza condizione consiste in ciò, che il centro di moto A, e i due punti di sospensione B, C, sieno tutti e tre nella medesima direzione. E finalmente si richiede, che vi sia il menomo sfregamento possibile intorno all' indicato centro di moto A, affinchè la Bilancia essendo nella massima sua libertà, possa preponderare verso l' una, o l' altra parte, in forza di qualunque minimo peso, che si adatti sull' uno, o sull' altro dei suoi punti di sospensione.

Tav. XIII. Fig. 73. 519. La *Statera*, o *Bilancia Romana* A B, cui sogliamo adoperare comunemente per rintracciare il peso di diversi corpi (che adattansi al braccio A C) col mezzo di un semplice peso D, il quale si applica su diversi punti dell' altro braccio CB, è parimente una Leva del primo genere. Il centro di moto è il punto C. Il braccio corto A C in un col bacino F da se pendente, è equilibrato col braccio lungo C B, qualora la potenza D è applicata sul zero, donde comin-

minciano le divisioni. Il corpo, di cui si vuol determinare il peso, si applica al gancio E, oppur si colloca sul bacino F. La potenza, ossia il peso D, che dicesi *Romano*, scorre su 'l braccio C B, per potersi adattare a qualunque delle divisioni, che veggonsi segnate su di quello. Essendo per la costruzione il peso D, collocato su il punto zero equilibrato col braccio A C, ne nasce, che se egli è di una libbra, qualora verrà applicato alla divisione 1, resterà equilibrato con un altro peso di una libbra applicato al gancio E, ovvero al bacino F. Trasportato poscia sulla divisione 2, contrabilancerà un peso di due libbre adattato ad E, o ad F; e così proporzionalmente di mano in mano; talmentechè trasportato in cima del braccio C B, ed applicato propriamente sulla divisione 9, sarà capace di formare equilibrio con un corpo di nove libbre, il quale fosse pendente dal divisato gancio E, oppur dal bacino anzidetto. Lo stesso vuolsi intendere proporzionalmente dei punti frapposti fra le divisioni 1, e 2; 2, e 3; 3 e 4, ec. Stimo affatto inutile il ripetere, che il mentovato equilibrio di D coi varj pesi pendenti da E, deriva unicamente dall'essere siffatti pesi, rispettivamente al peso D, in reciproca ragione del braccio A C relativamente alle braccia C 1, C 2, C 3, ec., su di cui abbiam supposto adattarsi successivamente il peso D.

520. Il vantaggio sensibilissimo, che la Statera Romana ha sopra la Bilancia comune, consiste in ciò, che quantunque in essa la resistenza applicata ad E possa equilibrarsi colla picciola potenza D, non già per via del loro assoluto peso, ma in forza del loro momento, il quale in D si aumenta di molto per cagione dell'accresciuta sua celerità; pur tuttavolta il suo asse di moto C sostiene il peso assoluto soltanto della potenza D, e delle resistenze applicate ad E, e non già i loro momenti. La qual cosa fa sì, che la pressione di quei tali pesi contro l'asta della Statera essendo poco considerabile, la Statera medesima viene a rendersi più mobile; e conseguentemente più sensibile della Bilancia ordinaria, ove ambedue le braccia Tav. XIII. Fig. 71.

deb-

debbono sostenere uguali pesi. Dal che ne nasce, che lo sfregamento è di maggiore efficacia; e che talvolta piegandosi le braccia per cagion del troppo peso: vien essa a perder così la sua sensibilità, e la esattezza. Vero è però, che la Statera non dovrebbesi adoperare che da persone della massima integrità, essendo ella suscettibile per la sua indole di essere agevolmente renduta fallace; dimodochè la gente poco onesta, per poco che ne alteri il braccio, o il Romano, o qualunque altra delle sue parti, può renderla fraudolente senza che alcuno possa avvedersene.

521. Gioverà l'avvertire in ultimo, che le braccia della Leva sì nella Bilancia, che nella Statera, fanno parte e della potenza, e della resistenza; cosicchè
Tav.XIII. Fig. 72. Fig. 73. nella Bilancia BC il braccio AB riguardar si dee come annesso al peso D, e il braccio AC come unito al peso E. Non altrimenti nella Statera AB il braccio corto AC fa parte delle resistenze sospese al gancio E; e 'l braccio opposto CB costituisce parte della potenza D. Lo stesso intender si dee di qualsivoglia altro genere di Leva, in qualunque modo, ed a qualunque uso vogliasi ella applicare: onde è, che
Tav.XIII. Fig. 66. nella Leva AB, per cagion di esempio, la resistenza N riguardar si dee come accresciuta del peso del braccio di Leva AC, e la potenza M come aumentata del peso dell'opposto braccio CB. I Matematici non tengono verun conto del peso delle Leve, siccome prescindono similmente da qualunque sfregamento, a cui le medesime, oppur le Macchine da esse formate, sogliono essere inevitabilmente soggette; per la ragione, che le riguardano alla guisa di tante linee, scevre affatto da qualunque gravità.

522. Parecchi Meccanici costituiscono colla *Leva curva* un quarto genere di Leva. La verità si è, che la medesima si riduce naturalmente a quella del primo genere, da cui non differisce, salvochè nella forma.
Tav.XIII. Fig. 74. Imperciocchè movendosi le sue braccia AB, AC, congiunte ad angoli retti, intorno al fulcro A; nell'atto che AB descriverà l'arco BG, l'opposto braccio AC descriverà l'arco simile CF: e quindi le velocità rispettive essendo tra se come BA, e CA,

var-

varrà lo stesso che abbiamo stabilito nel §. 509; cioè a dire, che per formar l'equilibrio basterà, che la potenza sia alla resistenza, come CA a BA. Gli esperimenti non lasciano su di ciò il menomo dubbio. Si prendano su il braccio AB tre divisioni uguali ad AC; e sieno queste, 1, 2, 3. Sospendasi al punto C il peso E di 12 once; e si vedrà, che volendo far l'equilibrio con applicar la potenza alla divisione 1, converrà applicarvi un altro peso di 12 once; giacchè A 1 è uguale ad AC. Volendo costituir l'equilibrio coll'applicazione della stessa potenza alla divisione 2, basterà adattarci un peso di 6 once; poichè 6 è a 12, come AC è ad A 2. Adattando finalmente un peso di sole 4 once alla divisione 3, si otterrà parimente l'equilibrio; per la ragione che AC è ad A 3, come 4 a 12.

523. Ognun si avvede dopo le cose fin quì dichiarate, che il martello, qualor si adopera per cavar fuora un chiodo, è realmente la Leva curva, di cui quì si ragiona: per conseguenza la sua efficacia per estrarnelo si renderà maggiore, a misura che sarà più lungo il suo manico.

ARTICOLO III.

Della Leva di secondo, e terzo genere.

524. Per seguir l'equilibrio nella Leva di secondo genere si richieggono le stesse condizioni, che abbiam veduto esser necessarie in quella del primo genere; cioè a dire, che la potenza B sia alla resistenza A come AC a BC; ossia nella ragione inversa delle loro rispettive distanze dal fulcro C. Ciò si rende manifestissimo dal riflettere, che se la Leva BC passi nella situazione EC, la potenza B descriverà l'arco BE, in tempo che la resistenza A descriverà l'arco IF. Ma questi archi, e le velocità, che essi esprimono, sono come i rispettivi raggi CB, CA (§.508): dunque se la potenza B sarà alla resistenza A come CA a CB, saranno elleno in ragion reciproca delle Tav. XIII. Fig. 69.

loro

loro velocità; e conseguentemente saranno in equilibrio fra loro.

Tav. XIII. Fig. 69. 525. Chiunque volesse accertarsene coi fatti, prenda un Vette diviso in parti uguali, come è CB, e il cui punto di appoggio sia in C; e vedrà, che applicando al punto I, ove è la prima divisione, il peso A di 4 libbre, basterà sospendere alla estremità B, distante da C per quattro divisioni, il peso D di una sola libbra, per equilibrarlo con A. E chi non si accorge, che il peso di una libbra moltiplicato per BC, che è la sua distanza dal fulcro C, è uguale al peso di 4 libbre moltiplicato per IC, che è parimente la sua distanza dallo stesso fulcro C?

526. Essendo tale la natura di questa Leva, che la resistenza dee sempre ritrovarsi nel mezzo fra la potenza, e il fulcro (§. 507); non si durerà fatica a persuadersi, che in ogni caso la potenza avrà del vantaggio al di sopra della resistenza, che si vuol vincere; imperciocchè, qualunque sia il punto della Leva, su di cui vogliasi collocare il peso A, sarà egli sempre meno distante dal fulcro C di quel che la è la potenza B. La qual cosa non accade costantemente nel Vette del primo genere; conciossiachè, qualora l'ippomoclio è collocato nel preciso mezzo di esso; siccome avviene nella Bilancia comune, la potenza non ha il menomo vantaggio al di sopra della resistenza, per essere uguali i rispettivi loro momenti.

527. Al Vette del secondo genere riduconsi le barche a remi, siccome quelle, il cui punto di appoggio è la estremità del remo, che è immerso nell'acqua; la resistenza è la barca medesima, che vien mossa; e la potenza, che la spigne, è la forza dell'uomo applicata all'altro capo del remo. Lo stesso vuolsi intender del timone. Di questo genere sono eziandio le porte, le quali aggiransi al di sopra di gangheri, che sono il punto di appoggio: la resistenza da superarsi è la porta, che giace nel mezzo; e la potenza, che la chiude, è la mano dell'uomo, che si applica sull'altro canto. Tali sono finalmente quei coltellacci, i quali avendo fissa una delle loro estremità, tagliano le

le sostanze, che giaciono al di sotto del loro mezzo; e così altri stromenti di simigliante natura.

528. Il Vette del terzo genere, ove la potenza si frappone tra la resistenza, ed il fulcro, esige le stesse condizioni, che abbiam detto richiedersi per li due Vetti antecedenti; cioè a dire, che la potenza B sia al peso A; come CA a CB; ossia nella ragione inversa delle loro rispettive distanze dal fulcro C. Ciò siegue per la ragione rapportata in ordine agli altri generi di Leve: intendo dire per essere in caso di azione la velocità di A alla velocità di B come CA è a CB (§. 508). Di fatti, se si prenda la Leva CA, ripartita in 5 uguali porzioni; indi si adatti il corpo A da sollevarsi, del peso di 6 libbre, sulla divisione 5, ossia sull' estremità della Leva; una potenza applicata alla divisione 2, bisogna che eserciti la forza di 15 libbre per potersi equilibrare col detto peso: ed è chiaro, che 15 è a 6, come 5, che è la distanza del peso A dal fulcro C, è a 2, distanza della potenza B dallo stesso fulcro. Tav. XIII. Fig. 70.

529. Ognun si avvede esser tale la natura di questa Leva, che la potenza non può aver giammai il menomo vantaggio a fronte della resistenza; imperciocchè, qualunque sia il punto della Leva, a cui si applichi la potenza, sarà quello sempre meno distante dal fulcro C di quel che sia la resistenza A. Pel qual motivo non si adopera ella giammai in Meccanica, se non qualora la necessità lo richiede, e non si possa fare altrimenti. Di questo genere sono le mollette, di cui si suol far uso nei cammini per prender legna, o carboni. La scala presa da un uomo per appoggiarsi contro un muro, divien tosto un Vette del terzo genere; poichè il punto di appoggio è la parte sua inferiore; la forza dell' uomo è applicata verso il suo mezzo; e la scala medesima, ed in particolare la sua cima, è la resistenza da vincersi. Tav. XIII. Fig. 70.

530. E' mirabile però l' uso di questo Vette nella macchina degli animali. Le ossa del nostro corpo riguardar si debbono come altrettanti Vetti del terzo genere. I muscoli coi loro tendini sono le corde ap-

pli-

plicate a coteste Leve. La forza, onde il lor ventre si contrae, e che è conseguentemente applicata nel mezzo, rappresenta la potenza: le resistenze sono le membra, che vengono elevate dai muscoli rispettivi: i punti di appoggio sono i centri dei tubercoli delle ossa, come accade nelle articolazioni; ovvero altre parti di quelli, intorno a cui si aggirano le resistenze, o le membra da muoversi. Siffatti ippomoclj sono discernibili dappertutto. Il centro dell'articolazione dell'omero colla scapola, esempigrazia, è l'ippomoclio di tutto il braccio, a cui si applica la potenza del muscolo *Deltoide*: il fulcro della tibia risiede nella sua articolazione col femore; e così ragionate di tanti altri.

531. Per farvi acquistare una perfetta idea di questa verità, e per porvi in istato nel tempo stesso di poter valutare la forza dei muscoli, reputo assolutamente necessario l'illustrarla mercè di un esempio.
T. XIII. Fig. 73. Suppongasi, che il braccio supino, e disteso orizzontalmente, venga rappresentato da GE; talchè sia FE l'osso dell'omero, ed AG quello del cubito, che nel caso nostro costituisce la Leva. Il centro di moto, ossia il punto di appoggio è nel centro dell'articolazione, che è in A. La resistenza è H, sostenuta dall'estremità della mano; e la potenza risiede in I, ossia nel ventre dei muscoli *Bicipite*, e *Brachièo*, cui supponiamo uniti, e rappresentati da CD. Or perchè il tendine CB opera sul Vette GA nella direzione obbliqua CI; per aver la vera azione della potenza, converrà tirare dal fulcro A la retta AB perpendicolare a siffatta direzione, giusta la regola insegnata nel §. 513; e quindi considerare la potenza in I come esistente in B. Essendo impertanto GA, e BA le braccia della Leva; la potenza in B dovrà essere alla resistenza H, come AG ad AB, per potersi scambievolmente equilibrare. Ma dalle osservazioni si rileva, che GA supera BA più di 20. volte. Dunque da ciò risulta in primo luogo, che la potenza muscolare in B esercitar dee una forza maggiore di 20 libbre per sostenere colla mano un peso di una libbra. E poichè ci fa scorger l'esperienza, che

che un giovine robusto, avendo il braccio disteso orizzontalmente, può sostener colla mano un peso di 26 libbre, che unito al peso di G A (il quale siccome si è detto nel §. 521, costituisce porzione della resistenza) uguaglia 28 libbre presso a poco; ne siegue in secondo luogo, che la potenza dei mentovati due muscoli uguaglia in tal caso 560 libbre; per essere 560 a 28, come 20 ad 1. Finalmente, comechè la forza apparente di cotesti due muscoli per ragion della Leva non sia che di 560 libbre; tuttavolta però l'assoluta lor forza è doppia, ossia di 1120 libbre, per esser fisso uno dei loro estremi, siccome vien dimostrato da Alfonso Borelli nell'insigne suo Trattato *de Motu Animalium*, il quale merita di essere consultato su di questo soggetto.

532. Or nell'atto stesso che l'uom maligno, o l'ignorante, non ravvisa nel gran Fabbro della nostra macchina una somma sapienza, ed economia, per avere scelta questa specie di Leva così svantaggiosa, affin di produrre i varj moti di quella (§. 531); il Fisico illuminato al contrario, e l'uom saggio, ravvisano in ciò le provvide mire dell'Altissimo, per aver badato principalmente alla proporzione delle parti, ed alla bellezza del corpo nello sciegliere stromenti di tal natura; e concepiscono la più alta ammirazione nel fissare lo sguardo al fonte inesausto dell'immensa forza, da cui siffatti stromenti vengono animati.

ARTICOLO IV.

Dell' Asse nella Ruota.

533. La seconda Macchina semplice è l'*Asse nella Ruota*, detto altrimenti *Torno*, *Manganello*, od anche *Burbera*. Consiste questa nella gran Ruota A B C, a cui si applica la potenza; e nell'Asse, o Subbio D E, intorno al quale si avvolge la corda F, alla cui cima è sospesa la resistenza G, la quale suol essere un peso, oppure un paniere, o bigoncio, per riporvi dei materiali. Talora, con saggio avvedimento, dal capo opposto della fune fassi pendere un al- T. XIII. Fig. 76.

tto ugual bigoncio S, o paniere, che contrappesi l'opposto insiem colla fune, e scenda giù nell'atto, che l'altro si eleva. Egli è poi indifferente, che la circonferenza della ruota sia semplice, oppur guernita di denti, o di manovelle, onde è, che le Ruote dentate non differiscono punto da questa Macchina. La sola ispezione oculare basta per farci scorgere esser tale la natura di questa Macchina, che qualora venga messa in azione, la velocità della potenza applicata alla circonferenza A B C della Ruota, è alla velocità della resistenza, che vien sollevata mercè l'avvolgimento della corda intorno all'Asse DE, come la circonferenza della Ruota è alla circonferenza dell'Asse; ossia come il diametro di quella è al diametro di questo. Per la qual cosa, a tenor della massima dichiarata nel §. 503, la potenza in questa Macchina costituirà l'equilibrio colla resistenza, qualora quella sarà a questa come il diametro dell'Asse D E è al diametro della Ruota A B C. Quindi, se il diametro di DE sarà di un piede, e quello di A B C di cinque; basterà, che una potenza eserciti la forza di una libbra, per sollevare il peso G, che pesa cinque libbre.

534. Ciò si potrà scorgere col fatto facendo uso di una picciola Macchina di questo genere, la quale non solamente farà vedere, che un peso di un'oncia applicato alla circonferenza della Ruota A B C resterà equilibrato con un peso di sei once pendente dall'Asse, qualora il diametro di questo sia di un pollice, e quello della Ruota di sei; ma farà scorger parimente, che in tempo che la potenza, ossia il peso L, scenderà lo spazio di 6 pollici, la resistenza G non salirà che un pollice solo. Fig. 76.

T. XIII. Fig. 76. 535. Nel caso, che alla circonferenza della Ruota sieno adattate delle picciole manovelle H, I, K, ec., le quali sporgano in fuora, ed a cui si debba poscia applicar la potenza; la lunghezza di quelle deve anche riguardarsi come parte del diametro della Ruota.

536. Una simile riflessione vuolsi fare in riguardo all'Asse; cioè a dire, che qualora la corda incomincia

ad

ad avvolgersi sopra di altri strati di corda, che si sono già avvolti intorno alla sua lunghezza DE; la doppiezza di siffatti strati si dee similmente riguardare come porzione del diametro dell'Asse. E se il Manganello, ossia Torno, invece di esser costrutto nel modo indicato di sopra (§. 533), fosse fatto nella guisa rappresentata dalla Figura 77; la potenza applicata al manubrio BA dovrà essere alla resistenza F, come il diametro del cilindro DE è alla lunghezza BC del manubrio; poichè le velocità rispettive del peso, e della potenza, saranno tra se nella medesima ragione delle indicate lunghezze. Fig. 76. Fig. 77.

537. Dalle cose fin quì enunciate chiaramente si scorge, che la Burbera renderassi più vantaggiosa alla potenza, a misura che la Ruota farassi maggiore, e il Subbio più sottile. D'ordinario la ptoporzione tra quella, e questo si suole stabilire come 10 a 1; dimanierachè 10 libbre di peso riferite alla circonferenza della Ruota, divengano una libbra sola. Potrebbesi ella ingrandire anche di più; ma uopo è rammentarsi, che in tal caso diminuendosi notabilmente la velocità del peso, richiederebbesi un tempo ben lungo per poterlo sollevare.

538. Essendoci parecchi Meccanici, i quali ridur sogliono tutte le Macchine semplici alla Leva, e per conseguenza ancora tutte le Macchine composte, siccome quelle, che risultano dalla varia combinazione delle Macchine semplici; porta quì il pregio di dimostrare con quanta semplicità l'Asse nella Ruota riducesi alla Leva. Rappresenti ABC una sezione della Ruota, e dell'Asse; e si tiri pel centro D la retta orizzontale AE. Ciò fatto, la potenza, che opera sulla periferìa della Ruota, verrà indicata da F, e la resistenza, la cui corda si avvolge intorno all'Asse, verrà rappresentata da G. Or siccome il lor centro di moto è D, e la potenza F opera sempre in distanza di DA, non altrimenti che la resistenza G opera nella distanza DE dal punto di appoggio D, la retta AE rappresenterà giustamente una Leva di primo genere, al cui punto A è applicata la potenza, ed al punto E la resistenza: conseguentemente, T. XIII. Fig. 78.

in caso di equilibrio, la prima sarà alla seconda, come DE, ossia il raggio dell'Asse, è ad AD, oppure al raggio della Ruota.

539. Vi sono parecchie Macchine, e varj stromenti, i quali riduconsi all'Asse nella Ruota. Gli Argani, di cui si fa uso a bordo delle Navi, sono di questo genere. Tali sono eziandio varie sorte di Grù, adoperate per sollevar dei gran pesi. La Trivella è anche del genere di questa Macchina, giacchè l'Asse è la parte di essa, che trafora, e la Ruota vien rappresentata dal suo manico, onde si gira. Quindi è, che la lunghezza accresciuta di siffatto manico darà maggiore efficacia alla Trivella per forare. E quantunque abbiam veduto, che l'Asse nella Ruota può agevolmente ridursi alla Leva, ha egli però gran vantaggio sopra di questa, mercè di cui i pesi non possono sollevarsi ad una grande altezza, siccome si può fare col mezzo del Torno.

ARTICOLO V.

Della Carrucola.

540. La terza Macchina semplice è la *Carrucola*,
T. XIII. Fig. 79. *Taglia*, *Girella*, o *Pulegia*, che dir si voglia. Consiste questa nella picciola ruota AB girevole intorno all'Asse C, fornita della corda DABE, che le passa al di sopra. Può ella esser *fissa*, oppur *mobile*. Nella Pulegia fissa, fermata mercè del gancio G del suo sostegno, la potenza non ha il menomo vantaggio al di sopra della resistenza; imperciocchè la natura di questa Macchina è tale, che non accresce, nè diminuisce le rispettive velocità della potenza, e del peso: e si vedrà in fatti, che qualora la potenza D si sforza di tirar su il peso F, lo spazio asceso da questo uguaglia precisamente lo spazio disceso da quella. Oltreaciò, potendosi anche la Pulegia ridurre alla Leva; tirando pei punti A, e B, ove incomincia il contatto della corda colla ruotella AB, una retta, che passi pel centro di moto C; si scorge benissimo, che la potenza D applicata ad una estremità del Vette

te A B; e il peso F pendente dall' altra sua estremità B, sono ugualmente distanti dal fulcro C. Per conseguenza si è nel caso della Bilancia comune, ove abbiam veduto richiedersi uguali pesi di ambe le parti per formar l' equilibrio.

541. Ciò non ostante però, siffatta Macchina riesce molto comoda, sì perchè può far agire la potenza nella direzione la più favorevole, talchè possa quella sviluppar meglio la sua azione, sì ancora perchè col mezzo di essa si può talvolta impiegar la forza di molti uomini per sollevare un peso: la qual forza altrimenti non si potrebbe porre in uso. Che anzi riesce ella talora assolutamente necessaria; siccome avvien nei casi, ove bisogna sollevar dei pesi ad una grande altezza. Un uomo, che volesse sollevar dei pesi sull' alto di un edifizio col mezzo di una Girella fissa, risparmierebbe certamente la fatica di andar su e giù parecchie volte.

542. Ma se la Pulegia fosse mobile, come è quella, che è rappresentata dalla Figura 80, ove la potenza F tirando su la corda, che coll' altro suo capo è fermata in H, solleva per conseguenza la Pulegia A B, e con essa il peso E pendente dal suo gancio: in tal caso la potenza raddoppia la sua efficacia; vale a dire, che si vantaggia in modo, che impiegando l' azione di una libbra, può controbilanciare un peso di due libbre. La ragione si è, che nella Pulegia mobile si raddoppia la velocità della potenza; essendo facile a scorgersi per via di un esperimento, od anche colla semplice ispezione oculare, che in tempo che la Pulegia A B, e conseguentemente il peso E a quella attaccato, monta fino ad I, sì la porzione F A della corda, che la porzione BH, vengon tirate in su: e siccome coteste due porzioni di corda insieme prese sono doppie di C I, che esprime la velocità del peso E; così ognun vede, che la velocità della potenza F, espressa dall' anzidetta corda, è doppia della velocità di E: e quindi che la forza di una libbra dee contrabilanciare una resistenza di due libbre, come l' esperienza ci dimostra. T. XIII. Fig. 80.

543. E agevole similmente il persuadersi di ciò col T. XIII. Fig. 80.

 ri-

riflettere, che il peso E pendente dalla Girella A B, vien sostenuto nel tempo stesso dalla cavicchia H, a cui è legato il capo della corda G B, e dalla potenza F, che ne sostiene il capo opposto. Per conseguenza la potenza F non sosterrà che la metà del peso E; e quindi, se un tal peso sarà di due libbre, basterà che ella eserciti l'azione di una libra per poterlo bilanciare.

544. Finalmente, facendo la riduzione di questa Macchina alla Leva, al par dell'Asse nella Ruota, si ottengono eziandio i medesimi risultati. Tirando in fatti la retta A B pel centro C, si rende manifestissimo, che questa Macchina si riduce al Vette del secondo genere, riguardando la potenza F applicata al punto A, la resistenza E al punto C, e il punto di appoggio H nel punto B. Per la qual cosa vi sarà l'equilibrio, qualora F sarà ad E, come C B ad A B, ossia come 1 a 2.

T. XIII. Fig. 80.

545. Su di questo proposito importerà moltissimo l'avvertire, che trattandosi di calcolare i rapporti fra la potenza, e il peso, uopò è tener conto del peso della Carrucola quando essa è mobile, e delle funi; e riguardarle come una porzione della resistenza, che si vuol sollevare.

546. E' forse inutile il ripetere, che le forze applicate sì all'Asse nella Ruota, che alle Pulegie, suppongonsi applicate in direzioni perpendicolari: ma nel caso, che le linee di direzione fossero oblique; potendosi le dette Macchine ridurre alle Leve, varrà per esse ugualmente il metodo insegnato nel §. 513.

ARTICOLO VI.

Del Piano inclinato, e della Vite.

547. La quarta Macchina semplice è il *Piano inclinato*, il quale, a differenza delle altre Macchine, non opera coll'accrescere la velocità della potenza, ma bensì col diminuire l'assoluta gravità della resistenza. Che la gravità assoluta del peso si venga a scemare col mezzo del Piano inclinato, si è già dimo-

mostrato ampiamente nel §. 395, nel cui seguito si è fatto scorgere eziandio per via di un luminoso esperimento, che la gravità assoluta di un corpo è alla gravità relativa, ossia al residuo della gravità, con cui egli discende lungo un Piano inclinato, come la lunghezza del Piano è all'altezza del medesimo. Per la qual cosa, acciocchè in questa Macchina la potenza possa bilanciar la resistenza, uopo è, che quella sia a questa, come l'altezza del Piano è alla sua lunghezza: cosicchè se BC, che è la lunghezza del Piano, sia di 10 piedi; e BD, che esprime l'altezza del Piano stesso, sia di 5 piedi; un uomo, il quale avesse bisogno di 100 gradi di forza per sollevare un peso di 100 libbre perpendicolarmente da D fino a B, potrebbe sollevarlo agevolmente con soli 50 gradi di forza, o poco più, facendolo rotolare lungo il Piano inclinato CBKL. Ciò però non si avvera, se non quando la linea di direzione AE, in cui opera la potenza, è parallela alla superficie BKLC del Piano. In ogni altro caso la potenza soffre dello svantaggio, più o meno considerabile, a misura che la mentovata direzione si rende più, o meno obbliqua all'indicata superficie: e si scorge ad evidenza, che la linea di direzione essendo AG, una buona parte della potenza F viene impiegata a far premere il peso A contro la superficie BKLC del Piano; siccome essendo AH, una gran parte della potenza stessa vien consumata in far allontanare il peso A dall'indicata superficie. Nella direzione AE soltanto l'intiera azione della potenza s'impiega a tirar su il corpo A lungo la superficie del Piano. Leggasi su di ciò il §. 587.

Tav. X. Fig. 18.

548. Egli è cosa agevolissima il ridurre il Piano inclinato alla Leva. Se dal centro di gravità del corpo A si tiri la perpendicolare AI al punto del contatto, ed oltreaciò la linea di direzione di gravità AM; e quindi dal punto I si tiri IS perpendicolare ad AM; ne risulterà la Leva curva AIS. Laonde concependosi la potenza, che opera nella direzione AE applicata in A, e il peso A applicato in S; giusta la dottrina dichiarata nel §. 522, per porre

Tav. X. Fig. 18.

 l'una,

l'una, e l'altro in equilibrio, uopo è, che la potenza sia al peso, come IS ad AI; ossia come BD a BC, attesa la simiglianza dei triangoli I A S, BDC.

T. XVI. Fig. 123. 549. Riducesi al Piano inclinato l'ordegno rappresentato dalla Fig. 123 della Tav. XVI, che si adopera quì comunemente per tirar su le botti di vino dal fondo delle cantine, oppur per farvele discendere vincendo soltanto la loro gravità relativa. Consiste egli principalmente in due travi parallele A, e B, su cui si appoggia la botte C, la quale avvolta da due funi *a*, *a*, i cui capi inferiori son legati sulla traversa D, tirasi su applicando la potenza ai due capi superiori *e*, *e*. Affine poi di agevolar maggiormente la potenza medesima, le due funi, *e*, *e* avvolgonsi al subbio *m*, che fassi girare intorno col mezzo di manovelle in croce, oppur della ruota R. Allora la Macchina divien composta dal Piano inclinato, e dalla Burbera, di cui si è già ragionato nel §. 533.

T. XIII. Fig. 81. 550. La *Vite* costituisce la quinta delle Macchine semplici. Non ci è bisogno di definirla, essendo nota a chicchesia. Diremo soltanto, che ella è composta di due parti, EF, ed AB; di cui EF dicesi la *femmina*, *chiocciola*, oppur *madrevite*, ed A B il *maschio*. Una delle due convien che sia fissa, acciocchè la Macchina possa operare. Non si suol giammai porre in uso senza che abbia qualche sorta di manubrio, suppongasi D, o altro equivalente, il quale faccia l'uffizio di Leva: onde è, che da taluni si suol riguardare come una Macchina composta.

T. XIII. Fig. 81. 551. Dalla ispezione della Figura è manifesto, che la Vite non può avvanzare da uno all'altro passo della spira, ossia da G fino ad H, senza che la manovella D abbia fatta contemporaneamente una intiera rivoluzione. Per la qual cosa, quando la potenza applicata alla manovella D avrà fatto un intiero giro, la resistenza C aderente alla Vite A B, avrà trapassato uno spazio uguale all'intervallo, che si frappone tra due dei suoi passi, o *elici*, che dir si vogliano. Essendo dunque in questa Macchina la veloci-

tà

tà della potenza espressa dal giro fatto da D; e quella della resistenza essendo indicata dal cammino fatto da due dei passi contigui; sarà necessario per formar l'equilibrio, che quella sia a questa, come l'intervallo G H frapposto tra due passi contigui, è allo spazio, che la manovella D descrive in uno dei suoi giri. E poichè la velocità della resistenza si diminuisce a misura che siffatti passi sono più prossimi l'uno, all'altro; ne siegue evidentemente, che si renderà più agevole alla potenza il vincere la resistenza, a proporzione che i passi della Vite saranno più vicini tra essi.

552. Supponendo dunque, che l'intervallo compreso tra i due passi G, H, sia di ùn pollice; e la periferìa del cerchio D I K descritto dalla manovella D, sia di 24; basterà applicare la potenza di una libbra a siffatta manovella per bilanciare una resistenza di 24 libbre applicata a B. A rigore però l'estremo D della manovella non descrive un cerchio, ma una spira; e perciò allora vi sarà l'equilibrio fra la potenza, e la resistenza, quando l'una sta all'altra, come l'intervallo tra due prossimi passi della Vite sta al sentiere spirale, che con una intiera rivoluzione è descritto dal punto D della manovella, ove è applicata la potenza. Fig. 81.

553. Quì però è assolutamente necessario l'avvertire, che la forza dello sfregamento di questa Macchina è così poderoso, che produce una grandissima alterazione, ben discrepante dalla teorìa; facendoci vedere l'esperienza, che qualor si adoperi la Vite, bisogna, che la potenza abbia almeno il doppio, e più di forza di quel che si è assegnato di sopra (§. 552), affin di porsi in equilibrio colla resistenza; attesochè una buona parte dell'azione, che essa sviluppa, viene impiegata soltanto a vincer la forza dello strofinìo.

554. Può la Vite riguardarsi come formata da un piano inclinato A B C, ravvolto intorno al cilindro D E: e per tal fine riducesi essa da parecchi Meccanici al Piano inclinato, ed alla Leva (§. 548). In fatti, qualor si adopera la Vite per sollevare un pe- T. XIII. Fig. 82. Fig. 83.

so

so qualunque, par che non si faccia altro, che farlo montare in ciascheduna delle rivoluzioni di quella, su di un Piano inclinato, la cui altezza viene espressa dalla distanza compresa tra due passi contigui, e la lunghezza viene indicata dalla circonferenza del cilindro stesso; essendosi veduto (§. 551), che in ogni rivoluzione della manovella D, la Vite avvanza da G fino ad H.

555. I principali usi della Vite sono quelli di tener strettamente uniti insieme diversi corpi, come si suol praticare colle Viti ordinarie; e di produrre in altri una forte compressione, come si pratica nei torchj di ogni genere, sia per pigiar le uve affin di ricavarne del vino; per premer le ulive, le mandorle, o altri semi di piante per estrarne degli olj; sia finalmente per coniar moneta; per imprimere dei caratteri, oppur dei disegni sulla carta; per tener compressi dei drappi, delle stoffe, ed altri simili generi di mercanzie.

ARTICOLO VII.

Del Conio.

556. Il *Conio*, o *Zeppa*, è la sesta, ed ultima delle Macchine semplici. Consiste egli in una spezie di piramide ABCD, di ferro, di legno, o di altra sostanza dura, e consistente, di cui si fa uso o per separare i corpi, e le loro particelle l'una dall'altra, o per sollevare i corpi medesimi ad una picciola altezza. Quantunque costituisca egli una Macchina semplicissima, la teorìa, che la riguarda, può dirsi la più complicata di tutte le altre: onde è, che intorno ad essa vi sono dei dispareri fra i Meccanici. A me sembra però, che la maniera la più semplice, e più naturale, per poter rilevare le velocità, che competono alla potenza, ed alla resistenza in questa Macchina, sia quella di riflettere, che l'effetto del Conio ABC, qualor s'interna entro al masso di legname DFE, è quello di vincere la natural forza di coerenza delle parti del legname; e quindi di allontanar l'

T. XIII. Fig. 14.

un

un dall' altro i due pezzi D, E. Per la qual cosa, quando il Conio vi si è internato della sua lunghezza I C, i mentovati due pezzi D, E, si saranno disgiunti scambievolmente dell' intervallo S O: qualora egli vi si sarà profondato intieramente fino al punto G, i due pezzi, D, E, del legname si saranno discostati l' un dall' altro per l' intervallo A B. Dal che si scorge, che quando la potenza, che sforza il Conio a discendere, ha trascorso lo spazio G C, la resistenza, o sia i pezzi D, E, del legname, che vengono disgiunti da quello, hanno trapassato lo spazio A B. Dunque in questa Macchina la velocità della potenza sarà alla velocità della resistenza, come G C ad A B: per conseguenza le quantità di moto saranno uguali nell' una, e nell' altra, e vi sarà l' equilibrio tra esse, qualora la potenza, la quale operi nella direzione G C, sarà alla resistenza, nella ragione inversa delle loro rispettive velocità; ossia come la base AB del Conio è alla sua altezza G C. Quindi, se A B sarà di 4 pollici, e G C di 16; una percossa di poco più di quattro gradi sarà valevole a vincere la forza di coerenza delle particelle di un corpo, le quali si mantengano insiem congiunte con 16 gradi di forza.

557. Il Conio A B C D, che abbiam considerato finora, dicesi *composto*, a differenza della sua metà A F C D, che si denomina *semplice*: ed è cosa manifestissima, che facendosi uso del Conio semplice, si richiederà per formar l' equilibrio, che la potenza sia alla resistenza, come la sua base E F è alla sua altezza F C. Dal che si scorge, che sì nell' una, che nell' altra specie di Conio, il vantaggio della potenza sopra la resistenza rendesi maggiore, a misura che si scema la base del Conio stesso; attesochè proporzionalmente alla diminuzione di quella si diminuisce eziandio la velocità della resistenza. Siffatto vantaggio si rende inoltre vieppiù considerevole ognivolta che le parti del corpo da fendersi prevengono, per così dire, l' arrivo del Conio su di esse, col disgiugnersi scambievolmente di mano in mano che la punta di quello si va innoltrando dentro del corpo, siccome vedesi indicato dal sito C nella Fig. 85. Questo è ciò, che

Tav. XIII. Fig. 84.

Fig. 85.

che si può determinar di plausibile intorno a questa Macchina; poichè del resto, potendosi la sua teorìa riguardare in diversi aspetti, produr si possono dei raziocinj per provare, che in caso di equilibrio la potenza sta alla resistenza, come la metà di EB è ad FC; ovvero come EB è alla somma delle facce EC, BC.

558. Facendo una picciola riflessione, ognun si avvede di leggieri, che si possono ridurre al Conio le asce, le accette, i coltelli, le spade, le seghe, le zappe, le vanghe, gli scalpelli, ed in generale tutti quegli ordegni, i quali essendo forniti di taglio, o di punta, come sono gli aghi, i punteruoli, le spille, i chiodi, ec., sono destinati a fendere, a sminuzzare, a forare, ed a fare altre azioni di simigliante natura. Differiscono essi unicamente nel modo, onde si applica loro la potenza per produrre le diverse azioni mentovate. Ed è cosa da notarsi, che la forza di questa Macchina è veramente poderosissima, potendosi con essa squarciare i più duri macigni, e produrre altre azioni di tal natura, le quali non potrebbero effettuarsi nè col mezzo di Leve, di Carrucole, di Assi nella Ruota, ec., nè in virtù di qualunque forza premente. Il qual vantaggio deriva, come ognun vede, dalla forza di percossa, la quale operando con somma celerità in un istante al di sopra del Conio, produce di ragione una notabilissima quantità di moto, a cui è forza che ceda la più poderosa aderenza, onde tengonsi insiem congiunte le particelle dei corpi. Cercate di internar un chiodo entro a un masso di durissimo legno con applicarci al di sopra un peso enorme, il quale operi in forza della semplice pressione: ne seguirà, o che il chiodo verrà a piegarsi piuttosto che internarvisi, oppure che vi si internerà a mala pena una minima porzione di esso. Togliete detto peso dal chiodo; ed in sua vece cercate di far uso dei colpi di un mazzapicchio. Pochi colpi di questo non mancheranno certamente di produrre l'effetto richiesto. Dal che ne nasce poi, che quantunque la forza dello sfregamento sia grandissima in questa Macchina, dimodochè fa mestieri in pratica, che la po-

ten-

tenza sia per lo meno poderosa del doppio di quel che la teorìa richiede, per vincere la resistenza; pure vien questa superata agevolmente mercè la notabile velocità, con cui abbiam detto, che opera la potenza medesima.

559. Dalla sola ispezione della Fig. 84 chiaramente si rileva, che il Conio vien composto da due Piani inclinati GBCD, AECD, uniti fra essi col mezzo delle loro basi HF, CD: motivo per cui alcuni Meccanici lo tolgono affatto dal numero delle Macchine semplici. Tav. XIII. Fig. 84.

560. Dallo scorgersi, che il Conio è un doppio Piano inclinato; e dall'essersi dimostrato nei rispettivi paragrafi di questa Lezione, che l'*Asse nella Ruota*, la *Carrucola*, il *Piano inclinato*, e la *Vite*, sono naturalmente riducibili alla Leva; si può generalmente conchiudere, che non solamente le Macchine semplici, ma eziandio tutte le altre, che da esse derivano, altro non sono, se non se altrettante Leve diversamente applicate, per potersi quindi adattare ai differenti bisogni.



LEZIONE XI.

Continuazione della Meccanica.

ARTICOLO I.

Delle Macchine composte, e della maniera di valutare la lor forza.

561. Le Macchine semplici, il cui esame ha costituito il soggetto della Lezione antecedente, combinar si possono in guisa tale, che ne risulti una Macchina composta, atta a far sì, che una menoma potenza sia valevole a superare una notabilissima resistenza. E poichè il buon Macchinista, oltre alla invenzione di debitamente combinarle, uopo è, che sappia valutare la loro efficacia, affin di proporzionare la potenza, che dee muoverle, alla resistenza, che si vuol superare; ragion vuole, che si esponga quì il metodo da poter venire a siffatto conoscimento colla massima facilità, e sicurezza.

562. Chiunque volesse schivare ogni sorta di calcolo per venire in cognizione dell'efficacia di una Macchina qualsivoglia; e si riducesse a memoria quel che si è da noi avvanzato nel §. 508; vale a dire, che le velocità della potenza, e della resistenza, rappresentar si possono col mezzo degli spazj perpendicolari, che esse descrivono in un dato tempo; non avrebbe a far altro, se non se porre in moto la Macchina in quistione, e quindi vedere la ragione, che lo spazio corso dalla potenza in un determinato tempo, ha allo spazio trapassato dal peso nel tempo medesimo; imperciocchè la ragione divisata indicherà il vantaggio, che ha la potenza in quella tal Macchina a fronte della resistenza. Suppongasi, per cagion di esempio, di doversi rilevar la efficacia della combinazione di Carrucole, rappresentata dalla Fig. 89: basterebbe met-

Tav. XI V. Fig. 89.

metterla in movimento, e quindi vedere di quanto la velocità della potenza P supera quella del peso R. Se nell' intervallo di tempo, che la potenza P discende lo spazio di 4 piedi il peso R non ne ascende che 1; si potrà èsser certo; che una forza di un grado, prescindendo dallo sfregamento, sarà valevole a contrabilanciare col mezzo di questa Macchina un peso, che resiste con 4 gradi di forza: e così intender si dee di qualunque altra.

563. Del resto la regola, che si dà comunemente dai Meccanici per valutare la forza delle Macchine, deriva da questo principio; cioè a dire, che in ogni Macchina composta *la ragione, che la potenza ha al peso, è composta dalle particolari ragioni; che la potenza ha al peso in ciascheduna delle Macchine semplici; dalla cui combinazione risulta la Macchina composta*. Sicchè nel calcolar la forza di una Macchina composta, la prima cosa da farsi è quella di esaminare, quali, e quante sieno le Macchine semplici, onde ella è formata: indi si proceda a rintracciare, mercè le regole insegnate nella precedente Lezione, quali sono le ragioni, che la potenza ha alla resistenza in ciascheduna di esse. Ciò fatto, considerando la potenza come 1, e moltiplicando successivamente l'una coll' altra le ragioni già investigate coi metodi proposti; il prodotto di siffatte moltiplicazioni esprimerà l'efficacia della Macchina composta, paragonata alla prima potenza 1. Vi porrò al fatto di tutto col mezzo di un esempio.

564. Se vi si proponesse di valutar la efficacia della Macchina, ossia della *Statera composta* ACEF; scorgereste immediatamente esser ella formata di due Leve; cioè a dire di CE, e di AF: delle quali AF riducesi al primo genere, per avere il fulcro in B, la potenza in G; e la resistenza in A; e CE si riduce al secondo genere, avendo il fulcro in E, la potenza in C, e la resistenza D nel loro mezzo. A tenor delle regole dichiarate nei §§. 509, e 524, per far l'equilibrio nel Vette AF, la potenza dee stare alla resistenza, come AB a BF; non altrimenti che nel Vette CE star dee come ED ad EC. Supponen- Tav. XIV. Fig. 86.

do

do dunque BF di 24 pollici, ed AB di 2; la ragione della potenza al peso sarà quella di 2 e 24, ossia di 1 a 12. In simil guisa, essendo EC di 28 pollici, ed ED di 2; la ragione, della potenza al peso sarà come 2 a 28; ovvero come 1 a 14. Che però la ragione della potenza G al peso D nella Macchina ACEF sarà composta dalle ragioni di 1 a 12, e di 1 a 14; che val quanto dire, che la potenza G è al peso D come 1 è a 12 moltiplicato per 14. Moltiplicando dunque 12 per 14, il prodotto 168 indicherà, che nella Macchina, di cui si ragiona, una forza di una libbra sarà capace di sostenere 168 libbre di peso.

Tav.XIV. Fig. 87. 565. Occorrendo similmente di valutar l'efficacia della Macchina DBFE, si vedrebbe immediatamente esser ella composta della Vite AD, e dell'Asse nella Ruota EGHF. Se il manubrio BC descrivesse una circonferenza di 36 pollici; e la differenza tra due passi contigui della Vite D fosse di un pollice; giusta la regola esposta nel §. 551, la potenza sarebbe alla resistenza, in caso di equilibrio, come 1 a 36. E se la Ruota EF avesse 6 piedi di diametro, e l'asse GH ne avesse 2; la potenza sarebbe al peso come 2 a 6, ossia come 1 a 3 (§. 533). Laonde nell'intiera Macchina DBFE la potenza P sarebbe al peso R nella ragion composta di 1 a 36, e di 1 a 3; che val quanto dire come 1 è a 36 moltiplicato per 3. Sicchè il prodotto, che nasce da una tal moltiplicazione, che è 108, indicherà, che la forza di una libbra sarà atta a sostenere col mezzo di questa Macchina 108 libbre di peso.

Tav.XIV. Fig. 88. 566. Che se la Macchina fosse composta di Ruote dentrate, come è quella, che viene espressa da ABCD; essendoci in ogni albero PO, QO, ST, una Ruota, ed un Rocchetto; oppure una Ruota, ed un cilindro, come in VX; o finalmente un Rocchetto, ed una manovella, che fa l'uffizio di Rubia, come in PO; dovrebbe una tal Macchina riguardarsi come composta di altrettanti *Assi nella Ruota*, quanti sono gli alberi in essa esistenti: quindi ritrovate le ragioni, che in ciascheduno di essi ha la potenza alla resistenza, col

col metodo proposto nel §. 533; in caso di equilibrio la potenza applicata alla manovella EF, sarebbe alla resistenza R nella ragion composta di coteste particolari ragioni, come si è praticato nelle Macchine rappresentate dalle Figure 86, e 87.

567. Ora un tal metodo si può abbreviare in questo modo. Si moltiplichino successivamente l'un per l'altro i raggi di tutte le Ruote, che compongono la Macchina; e si noti a parte l'ultimo prodotto. Si moltiplichino successivamente tra essi i raggi di tutti i Rocchetti, o cilindri della Macchina stessa; e si noti parimente l'ultimo prodotto. Ciò fatto, come l'ultimo prodotto dei raggi dei Rocchetti è all'ultimo prodotto dei raggi delle Ruote, così la potenza applicata ad EF sarà al peso R.

568. Affin di ridurre ciò agevolmente alla pratica; supponiamo, che il raggio di EF sia di 18 pollici, il raggio di H di 8 pollici; il raggio di K di 10 pollici; e il raggio di M di 12. Converrà dunque, per avere il prodotto dei raggi di queste Ruote, moltiplicare 18 per 8, che dà il prodotto 144; indi moltiplicare questo prodotto 144 per 10, che dà per prodotto 1440; e finalmente il prodotto 1440 per 12, che dà 17280; il quale sarà conseguentemente l'ultimo prodotto dei raggi di tutte le Ruote. Suppongasi dall'altra parte, che il raggio del Rocchetto G sia di 2 pollici; quello di I di 2; quello di L di 2; e finalmente il raggio del cilindro N anche di 2 pollici. Che però si dovrà moltiplicare 2 per 2; indi moltiplicare il prodotto 4 per 2, che darà il prodotto 8; e finalmente 8 per 2; e si avrà 16: il qual numero esprimerà l'ultimo prodotto di tutti i raggi dei Rocchetti. Per la qual cosa si dovrà esser certo, che nella Macchina ABCD, per esser la potenza applicata ad EF equilibrata col peso R, farà mestieri, che quella sia a questo, come il prodotto 16 è al prodotto 17280; ossia come 1 a 1080: nella qual proporzione sarà eziandio la velocità del peso a quella della potenza; che val quanto dire, che in questa Macchina il peso R ascenderà 1080 volte più lentamente di quello, che si muoverà la potenza applicata ad EF. Tav. XIV. Fig. 88.

569. Da ciò si vien chiaramente a rilevare, che quantunque l'efficacia della potenza si aumenti di assai mercè di questa sorta di Macchine, si fa nulladimeno una somma perdita di tempo. Ha essa però il gran pregio di poter invertire lo stato delle cose; e quindi di far sì, che il peso venga sollevato con una notabilissima celerità. Come infatti applicando la potenza ad R, e facendo passar la resistenza nel sito della manovella EF; la celerità, onde dianzi moveasi la potenza, competerà alla resistenza, e la celerità di questa a quella: dimanierachè la resistenza applicata alla manovella EF si moverà con una celerità 1080 volte maggiore di quella, con cui opererà la potenza applicata ad R. Ma ognun concepisse nel tempo stesso, che la potenza soffre in tal caso un notabile svantaggio; imperciocchè fa assolutamente mestieri, che ella sia alla resistenza come 1080 ad 1: vale a dire, che per sollevare il peso di una libbra, conviene adoperare una forza di 1080 libbre.

T. XIV. Fig. 88.

570. Ciò non ostante però non si lascia di far uso di siffatta disposizione di Macchine tutte le volte, che si ha forza in abbondanza, e si richiede nel tempo medesimo una grande celerità; siccome avviene nei Mulini, che si fan girare a forza di acqua; in certe spezie di menarrosti, ove si fa uso di gran pesi, ed in altre Macchine di simigliante natura.

571. Dalle cose già dette si deduce in simil guisa, che le Ruote dentate hanno la vantaggiosa proprietà di poter trasmettere il movimento in modo, che si vada scemando considerabilmente di mano in mano; oppur di trasmetterlo in maniera, che si vada acquistando successivamente notabilissimi gradi di velocità.

572. Egli è poi necessario l'avvertire prima di lasciar questo soggetto, che nel computare il valor delle Macchine a Ruote dentate, in vece di prendere i raggi delle Ruote, e dei Rocchetti; si può francamente far uso dei loro diametri, oppur del numero dei loro denti; attesochè i diametri sono come i raggi; e 'l numero dei denti di diverse Ruote è precisamente come le circonferenze, od anche i diametri di quelle.

AR-

ARTICOLO II.

Del modo di valutar l'efficacia dei varj sistemi di Carrucole.

573. Passiamo ora a considerare le varie combinazioni, che si soglion fare delle Carrucole, di cui abbiam già veduto (§. 540) altre esser fisse, ed altre mobili. La ordinaria maniera di combinarle è tale, che a ciascheduna delle Carrucole mobili corrisponde una Carrucola fissa, acciocchè *una sola corda* possa alternativamente passare da queste a quelle, come apparisce nella quì annessa Figura; ove le due Carrucole A, e B, sono applicate alla cavicchia E mediante il gancio annesso alla loro cassa; e le altre C, e D, sono mobili, siccome quelle, che salgono su insiem col peso R attaccato al gancio corrispondente. La corda S poi, ravvolgendosi successivamente intorno a tutte e quattro, va ad esser legata al gancio H. Riguardo a combinazioni di tal natura, la regola, che si propone per valutarne l'efficacia si è, che nello stato di equilibrio *la potenza* P *sta alla resistenza* R, *come* 1 *è al numero dei capi di corda, i quali appartengono alla cassa delle Carrucole mobili.* Per la qual cosa, essendo in questa Macchina i capi di corda appartenenti alla cassa mobile, al numero di quattro; cioè a dire I, K, L, M; sarà segno evidentissimo, che per equilibrare in essa la potenza P colla resistenza R (prescindendo da qualunque sfregamento), sarà necessario, che quella sia a questa, come 1 a 4; che val quanto dire, che la forza di una libbra in P sarà valevole a sostenere un peso di quattro libbre in R. Apparisce in fatti dall'ispezione della Figura esser tale l'indole di questa Macchina, che nel tratto di tempo, che la cassa mobile CD ascende lo spazio GH, ciascheduno dei capi di corda I, K, L, M, raccorciandosi descrive un uguale spazio; e quindi si fa sì, che la corda S si allunghi di quattro lunghezze di GH, e conseguentemente descriva uno spazio quadruplo di quello, per cui ascende il peso R. T. XIV. Fig. 89.

574. Della stessa indole delle testè mentovate combinazioni sono eziandio le *Pulegie concentriche*, inventate, non ha guari, in Inghilterra da Giacomo White. Veggonsi elleno rappresentate dalla Fig. 114 della Tav. XVI. A, B, son le due Pulegie, ciascuna delle quali essendo di forma conica, è tornita in modo, che in se contenga sei diverse scannellature 1, 2, 3, 4, 5, 6, tutte concentriche, e decrescenti; dimodochè ciascheduna delle Pulegie in se contiene sei differenti girelle, che formano un pezzo solo, e si aggirano intorno a un perno comune. La fune C, a cui si applica la potenza, si va poi avvolgendo mano mano intorno alle girelle superiori, ed inferiori, fino a tanto che termini finalmenre nel capo *a*, che legasi al gancio *i* della staffa della Pulegia superiore A, siccome si scorge nella Figura. Vuolsi dir lo stesso del sistema di Pulegie inventato da Smeaton, e rappresentaro dalla Figura 118 della stessa Tavola XVI. Consiste egli nelle due casse A, B, ognuna delle quali è guernita di più girelle ripartite in due diverse serie. La superiore C è nello stesso piano della inferiore D a se corrispondente; siccome la seconda E, il cui piano sega ad angoli retti quello di C, corrisponde esattamente al piano della serie F. Ed affinchè la corda, che va successivamente avvolgendosi intorno alle dette girelle, non dia impaccio coi suoi diversi capi, che andrebbonsi assolutamente ad incontrare essendo in azione, i diametri della serie superiore C, e dell'infima D fansi alquanto maggiori delli rimanenti. Entrambe siffatte combinazioni recano dei gran vantaggi alla Meccanica, sì perchè si risparmia un gran numero di casse, e le Taglie riescono meno pesanti, e meno dispendiose, sì ancora perchè si scema in qualche modo la resistenza dello sfregamento scemandosi il numero dei perni; sì finalmente per cagione che i pesi possono elevarsi a maggiori altezze, per esser grande la distanza fra la Taglia superiore, e quella di sotto. Il metodo per valutarne l'efficacia riducesi intieramente a quello, che si è indicato di sopra (§. 573).

Tav. XVI. Fig. 114.

T. XVI. Fig. 118.

575. E' però da sapersi, che oltre alle combinazioni

ni della riferita sorta se ne sogliono praticar delle altre, in cui non solamente sono mobili tutte le Carrucole necessarie a produrre l'azione, ma vi sono eziandio più corde, che si ravvolgono intorno ad esse, a differenza di quel che siegue nelle fin quì indicate combinazioni. Tale è, per esempio, il sistema particolare di Carrucole, rappresentato dalla Figura 90; ove all'infuori della girella A, la quale non è necessaria all'azione; ma serve unicamente per comodo della potenza, siccome si disse nel §. 541, tutte le altre B, C, D, E, ec. salgono, o discendono insieme col peso R; e dove parimente vi sono le differenti corde, F G, H I, K L, M N. T. XIV. Fig. 90.

576. Or comechè sembri a primo lancio, che combinazioni di questa natura non sieno riducibili alle massime insegnate nel tratto di queste Lezioni, tuttavolta però, facendoci un pò di riflessione, si ravviserà di leggieri, che la loro efficacia si può valutare agevolmente mercè dei divisati lumi. E a dir vero, richiamando alla memoria quel che si è detto nel §. 543, cioè a dire, che nella Carrucola mobile A C B la potenza applicata ad F non sostiene, che la metà soltanto del peso E, giacchè l'altra metà vien sostenuta dalla cavicchia H; si vedrà, che coll'applicazione di una tal verità si potrà valutare immediatamente l'efficacia del particolar sistema di Carrucole, di cui quì si ragiona. Consideriamo dunque il peso R di 16 libbre, pendente dalla Carrucola E, sostenuto per metà dalla corda M: ne seguirà da ciò, che la Carrucola D, a cui è annessa la corda M, si dovrà riguardare come se tenesse sospeso al suo gancio un peso di 8 libbre, che è la metà di 16. Ma di questo peso di 8 libbre la corda K non ne sosterrà, che 4; giacchè l'altra metà verrà sostenuta dalla opposta corda L. Laonde la Carrucola C dovrà riguardarsi come se avesse pendente dal suo gancio un peso di 4 libbre, di cui la corda H ne sosterrà solamente 2; attesochè le altre due vengono sostenute dalla corda I. Per la ragione medesima la Carrucola B dovrà considerarsi di tener da se pendente un peso di 2 libbre, di cui la corda F, e conseguentemente la poten- Tav. XIII. Fig. 80. Tav. XIV. Fig. 90.

za P ad essa applicata, ne sosterrà una libbra sola. La Carrucola A essendo fissa, serve solamente per comodo, nè accresce in verun modo l'efficacia della potenza, siccome si è già provato (§. 540). Per la qual cosa ne risulterà, che in questa combinazione di Carrucole, essendoci l'equilibrio, la potenza P sta al peso applicato in R, come 1 a 16: e il peso si muoverà 16 volte più lentamente della potenza.

577. Si può dunque stabilire per regola, che nei sistemi di Carrucole, in cui sono elleno tutte mobili, ad eccezione di quella, a cui si applica la potenza,
Tav. XIV. Fig. 90. qual sarebbe la Carrucola A, tutte le volte che ci è l'equilibrio, la potenza sta alla resistenza, come 1 al numero 2 elevato ad una potestà, espressa dal numero delle girelle mobili; ovvero come 1 al doppio numero delle funi appartenenti a quelle girelle, che muovonsi col peso: vale a dire, che l'efficacia della potenza si va raddoppiando di mano in mano cominciando dalla prima delle Carrucole mobili fino all'ultima. Onde è, che per ragione della prima Carrucola B, si renderà ella doppia del peso R; per la seconda C si renderà quadrupla; per la terza D ottupla; e finalmente per virtù della quarta, ed ultima Carrucola E, si farà sedici volte maggiore, siccome abbiam dimostrato.

578. Quì però non bisogna tralasciar di notare, che questo particolar sistema di Carrucole, indicato
Fig. 90. dalla Figura 90, ugualmente che altri di tal natura, quantunque accrescano l'efficacia della potenza assai più di quello, che si aumenta col mezzo delle combinazioni ordinarie, una delle quali vien rappresentata
Fig. 89. dalla Figura 89; nulladimeno però non si sogliono adoperare, se non qualora si tratta di sollevare un peso ad una picciola altezza; giacchè la disposizione delle loro parti non permette, che si possa quello sollevare ad altezze considerabili.

579. Si dà ordinariamente la denominazione di *Monospasto* ad una semplice Carrucola, e quella di *Polispasto* a molte Carrucole semplici insiem combinate,
Tav. XIV. Fig. 89, 90. come son quelle delle Figure 89, e 90. E volendosi indicare il numero preciso delle girelle, dicesi *Dispa-*

sto

sto la combinazione di due; *Trispasto* la combinazione di tre; e così in appresso.

580. Sembrami affatto inutile di richiamar quì ad esame altre Macchine composte; avvegnachè colle regole generali indicate nei loro proprj luoghi, ed in virtù degli esempj addotti, potrà ciascheduno da se valutare agevolmente l' efficacia di qualunque Macchina, che gli venga proposta.

ARTICOLO III.

Dello Sfregamento delle Macchine, e della Rigidezza delle Corde.

581. Le proposizioni fin quì dichiarate, concernenti la teorìa delle Macchine, e il modo di valutarne l' efficacia, suppongono, che tutti i materiali impiegati nella costruzione di quelle, sieno scevri da qualunque sorta di scabrosità; che le loro superficie sieno perfettamente spianate; che le Leve, ed altre parti della Macchina non abbiano alcun peso; che le corde sieno estremamente pieghevoli; in somma che la Macchina non incontri in veruna delle sue parti il menomo ostacolo nell' operare. Ognun comprende però, che questa supposizione realmente non regge in Natura; avvegnachè non si danno dei corpi, i quali sieno effettivamente lisci, e spianati; non si danno corde, le quali non richieggano qualche forza per potersi piegare; nè finalmente è possibile, che vi sieno parti della Macchina affatto prive di peso.

582. Essendo dunque la supposizione fatta fin quì del tutto diversa da quella, che succede in realtà, dee necessariamente seguirne, che i varj pezzi, onde le Macchine son composte, debbono soffrire qualche sorta di sfregamento nello scorrer gli uni sopra gli altri; e quindi che in forza di questo sfregamento scambievole debbono le Macchine incontrar del ritardo nell' atto, che si muovono; e conseguentemente scemare l' efficacia della potenza. Le Carrucole, per esempio, sono soggette ad esser ritardate nel lor moto dallo stropicciamento dei lati delle girelle contro

quelli della cassa; e da quello, che soffre l' asse nei rivolgersi nelle sue rispettive cavità. La Vite, specialmente s'è perpetua (che val quanto dire, che si aggira perpetuamente intorno al suo asse, e fa in tal modo rivolgere una Ruota), soggiace ad uno sfregamento tale, che il più delle volte è capace di sostenere il peso ad essa attaccato, in qualunque posizione, in cui venga quello abbandonato dalla potenza. Lo stesso vuolsi intendere del Conio. Le Ruote dentate incontrano degli ostacoli nel rivolgimento dei loro assi, e nello scorrer che fanno i loro denti su quelli delle altre simili. E così s'intenda del resto.

583. Ciò fa vedere, che trattandosi di valutar l'efficacia delle Macchine, non solamente bisogna far uso dei metodi proposti sì in questa, che nella Lezion precedente; ma è necessario inoltre il tener conto del mentovato ritardo, considerandolo come parte della resistenza. Ecco impertanto la necessità precisa, in cui siamo, di dover ragionare intorno allo sfregamento.

584. Ma poichè le differenti specie di corpi soggiaciono a grandi variazioni perciò che riguarda la quantità dell' indicato strofinlo; e quel che è peggio, neppure gli stessi corpi incontrano sempre la medesima quantità di resistenza nelle diverse circostanze, fa mestieri premettere, che egli è cosa affatto impossibile il poter dare delle regole costanti, ed invariabili, intorno alla determinazione del divisato ritardo; e quindi che le regole, che quì proporremo, dovranno riguardarsi soltanto come prossime al vero: ciocchè per altro è sufficientissimo per la pratica, la quale non richiede certamente un rigore matematico.

585. Vuolsi dunque prima di tutto aver per regola generale, che *lo sfregamento, date le altre cose uguali, cresce quasi a misura che si aumentano i pesi comprimenti, ossia quelli, che si voglion superare.* Ciò risulta da una gran serie di moltiplici esperimenti praticati prima di tutti dal signor d'Amontons, e poscia da Belidor, da Musschenbroek, e da altri Fisici illustri. L'esperienza in fatti ci fa vedere, che se
Tav. XIV. Fig. 91. per far iscorrere, supponiamo il solido A, levigato per

per quanto è possibile, su il piano BCDE spianato in simil guisa; si richiede in F il peso di una libbra; sarà necessario, che si adoperi il peso di due libbre, qualora il peso del corpo A si aumenta del doppio. Ad onta però dei luminosi esperimenti testè mentovati, l'illustre Abate Ximenes, Matematico di S. A. R. il Granduca di Toscana, ha chiaramente dimostrato, che quantunque il dichiarato teorema si avveri generalmente adoperandosi pesi di poche libbre, siccome fu praticato dagli Autori anzidetti; tuttavolta però, trattandosi di pesi di centinaja, e molto più di migliaja di libbre, la ragione della resistenza varia d'assai, e vassi mano mano scemando al crescer dei pesi, dimanierachè, se facendosi uso di un peso di 100 libbre, la resistenza dell'attrito uguaglia $\frac{1}{3}$ à un di presso delle libbre stesse; qualora si adoperano pesi di 500 fino a 5 mila, e più libbre, la resistenza medesima appena pareggia $\frac{1}{6}$, e talvolta anche meno, dei pesi indicati. Val certamente la pena di riscontrar siffatte cose, non men che altre molte di tal natura, estremamente profittevoli agli Architetti, ed ai Meccanici in generale, nel Trattato del suddetto insigne Autore, stampato in Pisa nel 1782, e che ha per titolo: *Teoria, e pratica delle resistenze dei Solidi*. Egli è poi cosa mirabile, che serbando il corpo il medesimo peso; o poco, o nulla si accresce lo sfregamento coll'aumentar la superficie. Come infatti per far iscorrere su di un piano levigato un altro piano di marmo (cui supporremo esser A), o di altra simile sostanza, colla sua maggior superficie *abcd*, uguale, per esempio, ad un palmo quadrato, non si richiede maggior forza di quella, che è necessaria per tirarlo lungo il piano medesimo, quando ei sia in contatto con quello per via di uno dei suoi lati *adfe*, la cui superficie uguaglierà a mala pena quattro pollici. Questo esperimento, che fu proposto, ed eseguito dall'insigne Desaguliers, è stato ripetuto in diverse guise da altri, e se ne sono ottenuti i medesimi risultati: tuttavolta però le sperienze praticate dai celebri Fisici Musschenbroek, e Nollet, fanno vedere, che la maggiore, o minor superficie dei corpi contar Tav. XIV. Fig. 91.

dee

dee per qualche cosa in materia di stropicciamento. Quel che è certo si è, che prescindendo forse da alcune particolari attrazioni, lo strofinìo non è giammai proporzionale alla superficie dei corpi, siccome viene accordato benanche dai mentovati Autori; cosicchè lo sfregamento prodotto dalla differenza della superficie è poco considerabile in paragone di quello, che si cagiona dal peso.

586. Per soddisfare la curiosità, che naturalmente può nascere in qualch'uno di Voi, di aver palese la ragione, per cui, crescendo la superficie del corpo, non si aumenta similmente lo strofinìo; vi esorto a riflettere, che la gravità di un corpo, il quale giace su di un altro, si può riguardare come se fosse accumulata sulle parti della superficie di quel tal corpo, le quali sono in contatto coll' altro. Sicchè, se supporremo, che la gravità dell' anzidetto pezzo di marmo (§. 585) sia di 100 gradi; e le particelle esistenti nella sua maggior superficie uguale ad un piede, sieno al numero di 100; si dovrà conchiudere, che ciascuna di queste particelle premerà il piano sottoposto con un grado di forza. Ma se d'altronde la superficie del marmo è di sei pollici invece di esser di un piede; le particelle in essa esistenti saranno 50 in vece di 100: per conseguenza ciascheduna di esse premerà il piano sottoposto con due gradi di forza, e non già con uno come dianzi; imperciocchè 100 distribuiti per 50 danno per quoziente 2. Questo dunque ci addita, che siccome col crescer della superficie si aumenta da una parte il numero delle particelle, le quali sono in contatto col piano sottoposto, così si scema dall'altra la quantità di forza, con cui ciascheduna di esse preme contro il piano medesimo; e quindi ci fa comprendere, che quante volte il peso del corpo non venga alterato, lo strisciare di esso con una superficie maggiore, o minore, non dee accrescere, ovvero diminuire notabilmente lo strofinìo.

587. Non è poi indifferente la direzione, secondo cui la potenza si applica a un solido per farlo strisciare su di un piano orizzontale, ossia per superare la scabrosità di quel tal piano; risultando ad eviden-

za dai luminosi esperimenti del sopraccitato Abate Ximenes, 1. che la direzione orizzontale della potenza non è la più favorevole per superar la resistenza; 2. che la direzione vantaggiosissima è quella, che forma un angolo elevato di 14 gradi e 2 minuti su 'l piano orizzontale; 3. che all'angolo di 28 gradi e 4 minuti, la resistenza è uguale a quella, cui la potenza risente nella direzione orizzontale; 4. che da quel grado fino alla verticale, la resistenza va mano man crescendo del doppio, del triplo, e poi del quadruplo sotto i 90 gradi; 5. finalmente, che la direzione a qualsivoglia angolo depresso al di sotto dell'orizzontale, riesce svantaggiosissima, cosichè non convien mai applicar la potenza in quella tal direzione. La semplice applicazione di queste dottrine farà comprender di leggieri a ognuno secondo qual direzione debbasi applicar la potenza per trarre più vantaggiosamente, che sia possibile, e carri, e carrozze, e vetture di ogni genere, ugualmente che per altri usi meccanici d'indole simigliante.

588. Fa mestieri sapere inoltre, che lo strofinìo si accresce coll'aumentarsi la velocità del corpo, il quale scorre sull'altro. Imperciocchè a misura che egli fa maggior cammino in un dato tempo, si accresce il numero delle resistenze, che gli convien superare. Sembra però, che un tale aumento non è proporzionale alla velocità istessa: che anzi è cosa osservabile, che lo sfregamento si scema tostochè la velocità ha oltrepassati certi limiti: forse perchè la quantità di moto generata in quel caso è tale, che gli ostacoli provvenienti dalla scabrosità delle superficie divengono dispregevoli a fronte di essa.

589. Avuto riguardo impertanto alla quantità totale dello sfregamento, che risulta dalle indicate cagioni, si suol comunemente stabilire dai Meccanici, che lo strofinìo di una Macchina equivale presso a poco ad un terzo del peso della resistenza; che val quanto dire, che dovendosi valutare l'efficacia di una Macchina qualunque; dopo di aver ritrovato, mercè le regole da noi proposte, qual proporzione aver dee la potenza per porsi in equilibrio colla resistenza da supe-

perarsi, bisogna considerare siffatta resistenza come più poderosa di un terzo, a un di presso, di quel che la è naturalmente; e quindi applicarvi una potenza, la quale sia capace di vincere la resistenza in quistione così accresciuta. Laonde essendosi rilevato
Tav. X. Fig. 18. (§. 547), che nel Piano inclinato B K L C si richiede una potenza di 50 libbre per equilibrarsi col peso A di 100 libbre; uopo è considerare il peso A come se fosse di 133 libbre, per cagion dello sfregamento; e quindi applicare in F una potenza di 66 libbre e mezza, per poterlo equilibrare. Stabilito poscia un tal equilibrio, un picciolo aumento di forza, che si dia alla potenza, la porrà tosto nello stato di poter sollevare il peso richiesto. Abbiasi tuttavolta presente alla memoria, che questa regola generale patisce delle alterazioni. Abbiam veduto in fatti, che nella Vite, e nel Conio lo sfregamento uguaglia più che il doppio del peso; ed oltreaciò abbiam detto (§. 585), che trattandosi di pesi assai notabili, le resistenze vengono a scemare generalmente. Per la qual cosa la prima attenzione, che aver dee il Meccanico nell' esame di una Macchina, deve esser quella di esaminare tutte le parti di essa, che sono soggette a stropicciarsi; di ridurre le particolari quantità dei loro sfregamenti in una somma; di considerare questa somma come aggiunta alla resistenza; e quindi di proporzionare la potenza, che dee vincerla, alla resistenza accresciuta di quella somma.

590. Per altro la via la più semplice, e nel tempo stesso la più sicura nel mezzo di tante incertezze, si è quella di applicare alla Macchina in quistione la potenza, e il peso nei loro rispettivi siti, ed in quella scambievole proporzione, che vien determinata dalla teorìa. Dopo di che, aggiugnendo di mano in mano nuovi pesi alla potenza fino a tanto che ella incominci a sollevare la resistenza da vincersi; la quantità dei pesi aggiunti uguaglierà senza verun equivoco lo sfregamento della Macchina. Laonde la via del calcolo si può riserbare soltanto per valutare lo strofinìo di quelle Macchine, che sono già disegnate, ma non ancora costrutte.

591.

591. Ad oggetto di facilitar maggiormente la stima dello sfregamento col mezzo del calcolo, non sarà fuor di proposito di registrare quì in accorcio i risultati di varj accurati sperimenti, i quali modificati dalle alterazioni, che possono soffrire nelle diverse circostanze, a norma del giudizio, e dell' esperienza dei Meccanici, fornir possono dei lumi interessanti in una materia così intricata, ed incerta.

592. Generalmente parlando, lo sfregamento cresce a misura che i corpi sono più scabrosi, e più molli; ed al contrario: onde è, che i perni dello stesso metallo torniti, e levigati, scemano considerabilmente le loro resistenze. I metalli però, quando sono levigati oltre a un certo segno, accrescono lo strofinìo in virtù della poderosa aderenza delle loro parti. Quelli della medesima sorta patiscono stropicciamento maggiore di quelli di diversa specie. Quindi l' acciajo levigato, movendosi sull' acciajo, genera uno sfregamento, che uguaglia $\frac{1}{4}$ del suo peso: scorrendo al contrario su 'l rame, o su 'l piombo, non uguaglia che $\frac{1}{5}$; e sull' ottone un $\frac{1}{6}$ del peso. Lo strofinìo di legno duro su 'l molle, equivale ad $\frac{1}{3}$, o ad $\frac{1}{6}$ del suo peso: ma il legno duro su 'l duro produce uno stropicciamento, che uguaglia $\frac{1}{8}$ del proprio peso. Gran resistenza risentono i cilindri di legno, ancorchè duro, quando fansi ruotare su concavi del medesimo legno; dovechè facendoli girare su dei concavi stessi foderati di rame, oppur di bronzo, la loro resistenza si scema di tanto, che talora rendesi minore della metà, della terza parte, ed anche della quinta. Tutte le sorte di metalli, e di legni ingrassati con olio, con sego, oppur con sapone, soffrono presso a poco lo stesso grado di sfregamento. Trattandosi di metalli in particolare aggravati da piccioli pesi, come di 40, o di 80 libbre, non vi ha dubbio, che nei perni ingrassati scemasi la resistenza oltre a un quarto; ma quando la pressione è assai considerabile, suppongasi di 500, o di mille libbre, non diminuisce punto la resistenza, attesochè la violenza dello sfregamento rade in certo modo, e mette fuori di uso le materie untuose, con cui i detti perni si sono ingrassati.

593.

593. Nelle Pulegie le potenze rendonsi più atte a vincer la resistenza dello sfregamento a misura che il diametro delle loro rotelle rendesi maggiore, serbando lo stesso perno. La ragione si è, che la potenza applicata al giro della rotella profitta dell' ajuto, che le reca il raggio di essa, che le serve di leva. Affinchè però la loro eccedente grandezza non riesca incomoda, la proporzione tra il diametro della rotella, e quella del perno fassi d' ordinario come 6 ad 1, o tutti al più come 8 ad 1.

594. Finalmente la pressione, che risentono i perni delle Pulegie, a pari circostanze, sono come le corde degli archi delle rotelle, che vengono abbracciati dalla fune; onde è poi, che risentono essi la pressione massima, quando i punti estremi del contatto tra le funi, e la rotella, sono opposti per diametro, ossia qualor viene abbracciata dalla fune la semicirconferenza della rotella. In ordine alle cose fin quì enunciate merita di esser consultato il Corso di Fisica di Musschenbroek, e la citata Opera dell' Abate Ximenes (§. 585).

595. Nelle Macchine, ove si faccia uso di corde, oltre allo sfregamento, bisogna calcolar la resistenza, che deriva non solamente dal lor peso, ma eziandio dalla loro rigidezza, ossia dalla renitenza, per così dire, che esse hanno a piegarsi, ed a ravvolgersi intorno a cilindri, o ad altri pezzi di tal natura. Mr. Amontons, e Desaguliers, fra gli altri, hanno praticati varj esperimenti su questo soggetto; e i loro risultati sono i seguenti.

596. I pesi delle funi, le quali essendo fatte della stessa materia, hanno eziandio la medesima lunghezza, sono *come i quadrati dei loro diametri rispettivi*; avvegnachè si considerano come altrettanti cilindri, i quali sappiamo dalla Geometria esser tra essi nella indicata proporzione. Quindi una corda di canape del diametro di 4 pollici peserà quattro volte di più di quel che pesa una simile corda ugualmente lunga, del diametro di 2 pollici; poichè il quadrato di 4, che è 16, è quadruplo di 4, che è il quadrato di 2.

597.

597. La rigidezza delle funi, che si ravvolgono su cilindri, cagiona una resistenza, la quale *è in ragion diretta non solamente del diametro della corda, ma eziandio dei pesi, che la stirano; ed è in ragione inversa del diametro dei cilindri, intorno ai quali si attorciglia*. Sicchè una corda del diametro di 3 pollici resisterà tre volte e più che una corda del diametro di un pollice, qualor vengano avvolte ambedue intorno allo stesso cilindro con pesi uguali. Similmente una fune tesa da un peso di 20 libbre, farà doppia resistenza di un altra, che verrà stirata da un peso di 10 libbre. Finalmente una stessa fune resisterà tre volte di più per avvolgersi intorno ad un cilindro del diametro di 1 piede, che intorno ad un cilindro, il cui diametro sia di 3 piedi. Vale a dire, che le funi resistono più ad essere attorcigliate intorno ai cilindri a misura che i diametri di questi rendonsi minori.

598. E' chiaro però, che essendo le funi soggette ad imbever l'umido, che regna nell'aria, oppure ad inaridirsi; e quindi alterandosi con ciò i loro diametri, e i lor gradi di tensione; le regole dianzi proposte debbono essere corrispondentemente soggette a qualche varietà, di cui non è possibile di tenerne alcun conto.

599. Prima di lasciare il soggetto delle funi porta il pregio di avvertire, esser cosa comprovata col mezzo di esperimenti, che i fili, qualora sono insieme attorcigliati per comporre una fune, perdono alquanto della loro forza naturale, essendosi rilevato, che se venti fili separatamente presi sostenevano una libbra per cadauno, ove sieno insieme attorcigliati, non son capaci di sostenere un peso di venti libbre. Su di questo punto, ed altri di tal natura merita di essere esaminato attentamente l'insigne *Trattato su 'l Cordame* del celebre Mr. Duhamel.

600. Conchiuderemo questo Articolo col far osservare, che affin di schivare gli effetti dello sfregamento per quanto è possibile, convien che la Macchina non contenga parti inutili, nè produca dei moti, che non sono affatto necessarj; poichè la moltiplicità delle parti,

ti, oltre al render la Macchina più dispendiosa, ne ritarda l'efficacia, sì per ragion del peso, che per gli altri motivi annoverati di sopra. E però, quando una resistenza si può vincere col mezzo di una Macchina semplice, non bisogna ricorrere giammai a Macchine composte. Ed egli è un grande errore l'aumentar l'efficacia della potenza al di là del limite necessario; avvegnachè oltre al rendersi la Macchina più complicata, si perde benanche del tempo, siccome abbiam dimostrato.

601. Dalle cose fin quì dette apparisce a chiaro lume essere affatto impossibile, che si dia in natura il moto perpetuo, o sia quel moto, che si conserva, e si rinnova perennemente da se medesimo senza il soccorso di alcuna forza esteriore. Gl' inutili sforzi di tanti ingegni durante lo spazio di due mila anni, e il gran numero dei progetti, e delle Macchine immaginate a tal uopo, ma prive di effetto, dovrebbero distogliere ognuno dall'intraprendere simili tentativi. Ed in fatti non potendosi costruire veruna Macchina scevra di sfregamento, e non contrastata nell'atto che agisce, dalla resistenza dell'aria; per quanto minimi vogliansi immaginare cotali ostacoli, debbono essi inevitabilmente distruggere a poco a poco la forza motrice della Macchina in quistione; ed in conseguenza dovrà giugnere un tempo, in cui vinta intieramente cotesta forza dalle mentovate resistenze, dovrà la Macchina mettersi in riposo. Per prodursi dunque il moto perpetuo conviene di assoluta necessità, che vi sia o l'una, o l'altra delle seguenti condizioni: cioè a dire, o che il movimento, che dalle mentovate cause vien ritardato di continuo, venga restituito da qualche forza esteriore; ed in tal caso non si può dir più moto perpetuo; oppure che si annienti del tutto la resistenza dell'aria, ed ogni sorta di sfregamento: ciocchè è fisicamente impossibile.



LEZIONE XII.

Sull' Idrostatica.

ARTICOLO I.

Che cosa s' intenda per Idrostatica; e quale sia la natura dei Fluidi.

602. Dal peso, e dall'equilibrio dei corpi solidi, che han formato l'oggetto della *Statica*, passiamo ora a considerare il peso, e l'equilibrio dei corpi fluidi, che costituiscono l'oggetto dell'*Idrostatica*. Prende questa Scienza in parte la sua denominazione dal greco vocabolo ὕδωρ, che vuol dir *acqua*; onde è, che Idrostatica è lo stesso che dire *Statica dell' acqua*; avvegnachè ha ella per oggetto di esaminar le leggi dell'equilibrio dei fluidi, ossia dei fluidi in riposo.

603. Col nome di *Fluido* si vuol caratterizzare tutte quelle sostanze, le cui particelle, essendo di una picciolezza impercettibile, e non avendo tra se veruna sensibile aderenza, sdrucciolano liberamente le une sulle altre, e quindi cedono agevolmente alla forza di gravità, o a quella, che lor s'imprime per metterle in moto.

604. Or quantunque sembrar possa a primo lancio, che le particelle dei fluidi non abbiam nulla di simile con quelle dei solidi, egli è tuttavolta indubitato esser elleno della medesima natura; essendo cosa del tutto ovvia, e triviale il vedere, che i fluidi convertonsi in solidi, e questi in fluidi. L'acqua si converte in ghiaccio, e questo si fonde di bel nuovo in acqua. I metalli sciolgonsi per via del fuoco, e poscia raffreddati s'induriscono di bel nuovo. Or come

potrebbe questo avvenire, se le particelle dei fluidi non avessero la stessa natura, che quelle dei solidi?

605. Essendo le particelle dei fluidi della medesima natura di quelle dei solidi, ne siegue, che sono elleno dotate delle medesime proprietà essenziali, che abbiam detto competere a tutti i corpi; e conseguentemente che son gravi. Ciò smentisce apertamente l'errore di Aristotele, e dei suoi seguaci, i quali immaginarono, che i fluidi fossero privi di gravità entro al proprio elemento; cioè a dire, che l'acqua non pesasse fino a tanto che esiste dentro il mare, entro un pozzo, un fiume, un lago, ec.; che l'aria fosse priva di peso entro l'atmosfera; che l'olio non gravitasse dentro l'olio; e così del rimanente.

606. Affin di assicurarsene col fatto, prendasi una bottiglia vota, con entro alcuni pallini di piombo, e bene otturata; e sospesala al braccio di una bilancia, facciasi immergere dentro l'acqua. Pongansi quindi dei pesi su 'l bacino del braccio opposto, fino a tanto che succeda l'equilibrio tra essi, e la bottiglia vota immersa nell'acqua. Se in tale stato di cose si cavi fuori il turacciolo della bottiglia, talchè l'acqua possa riempiere la sua capacità, si vedrà tosto distrutto l'equilibrio: la bottiglia verrà tratta giù in fondo dell'acqua, e converrà aggiugnere nuovi pesi al mentovato bacino della bilancia per restituir nuovamente l'equilibrio. E pesando l'acqua contenuta dentro la bottiglia, si vedrà, che il suo peso uguaglierà esattamente quelli, che si sono aggiunti in ultimo su 'l riferito bacino. Egli è dunque manifesto, che l'acqua gravita eziandio entro al proprio elemento.

AR-

ARTICOLO II.

Della Pressione dei fluidi omogenei, e delle scambievole equilibrio delle loro parti.

607. La gravità, onde i fluidi son dotati, fa sì, che le loro parti superiori premano contro le inferiori: e la loro somma mobilità, procedente forse dall'esser elleno di figura sferica, o di altra, che alla sfera si accosta, come altresì dalla lieve loro aderenza, cagiona, che una tal pressione si faccia parimente verso i lati, e in direzioni obblique. Per virtù della forza d'Inerzia, le parti inferiori premute debbono riagire contro le superiori; quelle di diritta contro quelle di sinistra; e quelle, che sono in direzione obbliqua, contro le loro opposte. Per conseguenza la pressione non solamente succederà in essi per ogni verso, ma sarà eziandio uguale verso tutte le parti: ed ecco il principio del loro equilibrio. Qualunque cagione, che lo distrugge, mette il fluido in movimento; nè questo cessa fino a che non si restituisca di bel nuovo la pressione uguale dappertutto.

608. Questa verità si renderà più palpabile per via del seguente sperimento. Immergansi nel vaso A B ripieno di acqua i varj tubi aperti d'ambe l'estremità, C D, E F, G H, I K, i cui orifizj inferiori sieno rivolti, alcuni in giù, altri in sù, altri verso i lati, ed altri obbliquamente, come apparisce dalla Figura. Si vedrà, che l'acqua internandosi per quelli, monterà in su dentro ai tubi fino ai punti *a*, *b*, *c*, *d*, e si porrà a livello ugualmente in ciascheduno di essi. Segno evidentissimo, che la pressione dell'acqua è uguale dappertutto; altrimenti non potrebbesi mettere a livello in tutti i mentovati tubi malgrado la differente lor direzione. Tav. XIV. Fig. 92.

609. Per ischivare ogni equivoco, che potrebbe nascer di leggieri circa l'intelligenza di questa verità, è necessario il dichiarare, che per essa altro non vuolsi intendere, se non che ogni particella di fluido, *se-*

paratamente considerata, in qualsivoglia situazione, ed in qualunque profondità, che si trovi, è premuta in ugual grado da tutte le altre parti adjacenti; cosichè la particella *a* sarà premuta con ugual forza tutto all'intorno dalle particelle *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*; la particella *i* vien ugualmente premuta da tutte le sue contigue *g*, *f*, *k*, *l*, *m*, *n*; e così delle rimanenti. Ciò non ostante però, la pressione, che soffre la particella *i*, paragonata a quella, a cui soggiace la particella *a*, è molto maggiore; attesochè la colonna di fluido, che sovrasta alla particella *i*, supera quella, che sovrasta alla particella *a*, siccome apparisce dalla Figura.

Tav. XIV. Fig. 93.

610. L'anzidetta gravità dei fluidi, la quale abbiam veduto esser cagione, che le loro particelle premano ugualmente verso tutte le direzioni, fa nascer benanche lo spianamento delle loro superficie. Quindi deriva una delle leggi idrostatiche; vale a dire, che prescindendo da qualunque sorta d'impedimento, *le superficie dei fluidi omogenei, i quali comunicano scambievolmente per via di tubi, oppur di canali, pongonsi tutte al medesimo livello in ciascheduno di essi*. Imperciocchè la forza della gravità delle loro parti, e l'esser elleno sommamente tenui, e sdrucciolevoli, non permettono, che alcune di esse soltanto mantengansi sollevate al di sopra delle loro vicine: onde è, che per necessità debbono ricadere, e porsi a livello colle altre. E poichè la lor pressione si esercita per ogni verso, siccome abbiam dimostrato (§. 607); ne siegue, che lo stabilimento dell'indicato livello succede liberamente in ogni sorta di tubi, siero verticali, od obbliqui; e sia qualsivoglia la particolare lor direzione; tranne i tubi capillari, nei quali in forza di particolari cagioni, l'acqua si solleva al di sopra del comun livello, siccome abbiamo altrove osservato (§. 61). Sicchè venga la direzion dei tubi espressa da CD, da EF, da GH, ec., non si produce alcun divario nella legge quì riferita, come col fatto si è già veduto (§. 608).

Tav. XIV. Fig. 92.

611. Or vi ha su questo proposito una spezie di paradosso, il quale merita certamente di essere svilup-

pa-

pato. Se i tubi comunicanti vengano rappresentati da AB, CD, sembra impossibile, che la gran massa di fluido contenuta in CD venga sostenuta, e diciam così, contrastata dalla picciola quantità contenuta in AB; e quindi che pongansi ambedue al medesimo livello EF. Volete intenderne immediatamente la ragione? Premete un poco verso giù il fluido contenuto in DC, talchè sia quello obbligato a montar su nel tubo contiguo AB. Vedrete, che se la capacità di CD sarà dieci volte maggiore della capacità di AB, la discesa di un pollice del fluido contenuto in CD, farà ascenderlo per dieci pollici in AB. Ciò dimostra, che la velocità del fluido in AB è dieci volte maggiore della velocità del fluido stesso entro al tubo CD. Essendo dunque le velocità in essi in ragion reciproca delle masse, i momenti debbono essere uguali (§. 114); e quindi le quantità del fluido in essi contenute debbono bilanciarsi a vicenda. Tav. XIV. Fig. 94.

612. Derivando il livello dei fluidi dalla gravità delle loro particelle (§. 610), per la cui forza tendono elleno costantemente verso il centro della Terra, la cui superficie è di forma sferoidale (§. 427); ognun concepisce, che a tutto rigore le superficie dei fluidi naturalmente livellate sono alquanto curve. Di ciò non possiamo accorgerci nelle picciole superficie, la cui curvatura appena differisce da una linea retta; ma nei gran tratti di mare riesce ella sensibilissima, nascondendoci la maggior parte delle Navi, qualor si trovano in una certa distanza, o facendoci scuoprire soltanto le cime dei loro alberi; siccome all'opposto ritrovandoci noi in alto mare, ci vieta assolutamente la vista delle Città edificate lungo il lido, oppur ci permette di scorger tutto al più le sommità dei campanili, delle torri, e di altri edifizj assai elevati.

ARTICOLO III.

Dello scambievole Equilibrio dei Fluidi di diversa densità.

613. In ordine all'equilibrio di quei fluidi, i quali hanno diversa densità, stabiliamo per legge generale, *che sia qualunque la forma, e la grandezza dei vasi, che gli contengono, purchè vi sia tra essi una libera comunicazione, siegue l'equilibrio scambievole, qualora le loro altezze sono in ragion reciproca delle loro densità rispettive;* dimanierachè, essendo la densità del mercurio a quella dell'acqua come 14 ad 1; basterà, che si versi del mercurio nel vaso A B fino all'altezza di un pollice, affinchè resti equilibrato
Tav.XIV, coll'acqua sollevata fino all'altezza di quattordici pol-
Fig. 74. lici nel vaso C D, che comunica col primo. La ragione si è, che in questo caso si uguagliano perfettamente le loro quantità di moto. Come in fatti, o i due tubi comunicanti A B, C D, hanno uguali diametri; ed in tal caso, deprimendosi l'acqua di un pollice in C D, il mercurio ascenderebbe anche di un pollice in A B: segno evidentissimo di essere uguali le loro velocità. E però avendo queste due quantità di liquidi nel riferito caso uguali velocità, ed uguali masse, giacchè 14 pollici d'acqua uguagliano il peso, ossia in massa, un solo pollice di mercurio, debbono per necessità rimanere equilibrate; o i tubi comunicanti sono disuguali in diametro, come sono realmente i tubi A B, C D, della citata Figura, ed allora è vero, che la quantità di mercurio versata in A B fino all'altezza di un pollice, è inferiore in peso alla quantità di acqua, che ha l'altezza di 14 pollici in C D; tuttavolta però questo difetto nel peso del mercurio vien compensato dalla maggior propensione, che egli ha alla velocità. Imperciocchè di quanto la capacità del tubo C D supera quella di A B, d'altrettanto la veloci-

tà

tà del mercurio in A B supera la velocità dell' acqua in C D; cosicchè supponendo l' ampiezza di A B di un pollice, e quella di C D di 6; se l' acqua contenuta in C D si deprimerà per l' intervallo di un pollice, il mercurio ne ascenderà sei in A B. E però in ogni caso le respettive loro quantità di moto riescono uguali; e per conseguenza dovranno costituire un equilibrio scambievole.

614. Le testè dichiarate verità ci suggeriscono un metodo agevole, e pronto, per poter rilevare la gravità specifica dei fluidi, e la loro differente densità, essendo manifesto, che versati due fluidi in due tubi comunicanti di ugual diametro; per esempio, uno in A B, e l' altro in D C, le loro gravità spe- Tav. XVI.
cifiche, e le loro densità, saranno nella ragione in- Fig. 115.
versa delle loro altezze, a cui si mantengono equilibrati. Per la qual cosa misurando coteste altezze; e ritrovando, esempigrazia, che il fluido contenuto in A B è alto 10 pollici, e quello in C D, è alto 5; si potrà francamente conchiudere, che la gravità specifica, non altrimenti che la densità del primo, è, a quella del secondo, come 5 a 10; ossia come 1 a 2. Trattandosi di fluidi, che potrebbero mescolarsi insieme, e confondersi nell' atto dell' esperimento, come sono l' acqua, il latte, lo spirito di vino, ec.; converrà riempire di mercurio la parte orizzontale del fondo B D, onde i tubi comunicano insieme.

ARTICOLO IV.

Della Pressione dei Fluidi contro il fondo dei Vasi.

615. Trattandosi della pressione, che i fluidi contenuti entro ai vasi esercitano su il fondo di quelli, è legge costantissima, esser la medesima non già in ragione della quantità del fluido in essi contenuto; ma bensì *in ragione dell' altezza verticale del fluido moltiplicata pel fondo del vaso*: che val quanto dire, che dati dei vasi di qualunque forma ripieni di fluidi omogenei, per esempio, di acqua, la pressione, che l' acqua esercita contro i loro fondi, uguaglia precisamente la pressione di una colonna di acqua, la quale abbia per base il fondo del vaso, e per altezza la perpendicolare, che si estende dalla superficie dell' acqua fino a quel tal fondo. Per la qual cosa la pres-
Tav.XIV. sione dell' acqua contenuta nel vaso ABCD fino al
Fig. 95. livello EF, contro la sua base AD, è come questa moltiplicata per GH: la pressione del fluido, che
Fig. 96. riempie il vaso IKLM fino al livello KL, è come la base IM moltiplicata per NO: quella, che l'acqua esercita contro la base di PQRS riempiuto fino all'
Fig. 97. orlo QR, è come PS moltiplicata per XZ: e final-
Fig. 98. mente la perpendicolare *cg* moltiplicata per la base *ad*, esprimerà la pressione, che vien fatta su 'l fondo del vaso obbliquo *abcd*, il quale sia intieramente ripieno di acqua.

Tav.XIV. 616. Che la pressione del fluido contenuto nel vaso
Fig. 95. cilindrico ABCD uguagli il prodotto, che nasce dal moltiplicare la sua base per l'altezza perpendicolare di quel tal fluido, è cosa del tutto evidente; avvegnachè un tal prodotto, siccome la Geometria c'insegna, dà l'intiera massa del cilindro: sicchè in un vaso di tal forma la pressione del fluido è proporzionale alla sua massa. Ma che la pressione del fluido
Tav.XIV. contenuto nel vaso conico IKLM, non sia maggio-
Fig. 96. re della pressione, che si farebbe dalla sola colonna *IrsM*: che la pressione, che il fluido esercita nel

vaso

vaso PQRS; uguagli quella, che si farebbe dall' intiera colonna PTVS; sembra la cosa la più strana del mondo: nè si può concepire così di leggieri. Eppure non vi ha cosa, la quale sia dimostrata con tanta evidenza da una serie di variati esperimenti. Fig. 97.

617. Prima di ricorrere a questi, merita la pena di riflettere, che le colonne laterali *bi*, *kl*, del fluido, sono in perfetto equilibrio colla colonna di mezzo XZ: altrimenti questa ultima si abbasserebbe, e le prime sarebbero obbligate ad ascendere. Ma per mantenere siffatto equilibrio è assolutamente necessario, che le indicate colonne laterali riagiscano collo stesso grado di forza, onde son premute dalla colonna di mezzo XZ: e questa riazione si fa contro il fondo PS del vaso. Dunque la pressione di ciascheduna delle colonne laterali *bi*, *kl*, e delle rimanenti ad esse contigue, contro il fondo del vaso, è uguale alla pressione della colonna XZ: per conseguenza la pressione del fluido, che riempie perfettamente il vaso PQRS, è uguale a quella, che si produrrebbe dall' intiera colonna di fluido PTVS. Come in fatti, se una delle divisate colonne *bi*, *kl*, si ponesse nella libertà di poter isviluppare la sua azione, facendo un foro nel sito *i*, oppure *l* del vaso; si vedrebbe ella ascendere con forza alla guisa di un zampillo quasi fino all' altezza V: e salirebbe esattamente fino a quella, se non fosse per la resistenza dell' aria, e per lo sfregamento, che soffre nell' uscire dal detto foro. Tav.XIV. Fig. 97.

618. D' altronde nel vaso IKLM, all' infuori della colonna I*rs*M, la quale preme contro il fondo, tutte le altre laterali esercitano la lor pressione contro i lati IK, LM, dalla cui riazione vien quella intieramente distrutta. Tav.XIV. Fig. 96.

619. Finalmente per ciò che riguarda il vaso obbliquo *abcd*, risolvendo la pressione secondo la direzione *ef* nelle due *eg*, *gf*; si scorge chiaramente, che la sola *eg* opera contro il fondo, e che la rimanente *gf* è intieramente diretta contro i lati del vaso. Tav.XIV. Fig. 94.

620. Ad oggetto di confermar tutto questo col mezzo di decisivi esperimenti, capaci di dileguare qualunque

T. XIV. Fig. 96. e 97. que sorta di dubbiezza, che potrebbe insorgere in rapporto a queste bella verità, prendansi due vasi di ugual fondo, uno dei quali sia perfettamente cilindrico al pari di A B C D, e l'altro conico, come PQRS. Sieno i lor fondi A D, PS, ambidue mobili per via di una cerniera; ma sieno levigati in modo, che possano combaciar perfettamente cogli orli inferiori dei loro vasi rispettivi, qualor si mantengono compressi contro di quelli col mezzo dei rispettivi uguali pesi E, H, i cui cordellini passando sulle girelle F, e G, vadano poi a legarsi su i fondi divisati A D, P S, nei siti H, e Z. Si incominci a versar dell'aqua nel vaso cilindrico; e si prosiegua a versarne dolcemente fino a tanto che la pressione di quest'acqua vinca lo
Fig. 95. sforzo, che fa il peso E per ritenere il fondo A D compresso contro l'orlo inferiore del vaso, sicchè essendo quello obbligato a cadere, l'acqua si vegga scorrere al di fuori del vaso stesso. Si noti esattamente l'altezza, che avea il fluido versato in questo vaso A B C D, allorchè il fondo A D incominciò a staccarsi dal suo orlo, e quindi a dar esito all'acqua. Sup-
Tav. XIV. Fig. 97. poniam che ella sia di 10 pollici. Si faccia poscia lo stesso coll'altro vaso conico P Q R S; e si vedrà, che il suo fondo PS non si incomincerà a staccare dal suo orlo; e conseguentemente il peso H, che si sforza di tirarlo in su, non sarà vinto dalla pressione dell'acqua, se non se qualora sarà questa giunta alla medesima al-
Fig. 95. tezza, a cui ella era nel momento, che il fondo A D principiò a staccarsi dal suo vaso corrispondente; che
Fig. 95. e 97. val quanto dire all'altezza di 10 pollici. Ora i pesi E, H, essendo uguali nelle stesse circostanze, fan chiaramente vedere, che le pressioni del fluido, da cui è stato superato il loro sforzo, han dovuto essere uguali. Ma queste non si son prodotte, se non col versare il fluido in ambidue i vasi fino alla medesima altezza. Egli è dunque indubitato, che i fluidi premono in ragione della loro base, ed altezza, e non già in ragione delle masse; essendo cosa evidentissima, che la quantità di acqua giunta all'altezza di
Fig. 95. 10 pollici nel vaso cilindrico A B C D, è molto maggiore della quantità del medesimo fluido giunto

to alla stessa altezza di 10 pollici nel vaso conico Fig. 97.
PQRS.

621. Ecco impertanto derivato da ciò un solenne paradosso, proposto per la prima volta dal celebre Mr. Pascal; cioè a dire, che per via di una minima quantità di acqua si può produrre uno sforzo uguale a quello, che si produrebbe da una enorme massa del fluido stesso, oppur da qualunque altro peso considerabile. Ciò sembrerebbe incredibile, se non fosse comprovato dall'esperienza in un modo evidentissimo. Ne Tav.XIV. abbiam veduto un esempio nella Figura 94, ove la Fig. 94. piccola quantità di fluido contenuta nel sottil tubo A B, bilancia lo sforzo prodotto dalla massa molto maggiore contenuta nel tubo grande C D; cosichè se il diametro di A B fosse di un pollice, e quello di C D di mille; supposto che i detti tubi fossero uguali in altezza, le masse di acqua, di cui sarebbero ripieni, si bilancerebbero a vicenda; e conseguentemente una libbra di acqua, esempigrazia, nel picciol tubo A B, uguaglierebbe la pressione di migliaja di libbre dello stesso fluido, contenute in C D.

622. Tuttavolta però ne trarremo una luminosa pruova dal *Mantice Idrostatico*. Consiste questo nei T. XIV. due pezzi rotondi di legno A B, C D, i quali forma- Fig. 99. no il fondo, e il coverchio del vaso C B; nel giro di cuojo E F, che ne costituisce le pareti, che ne chiudono la capacità esattamente; e nel tubo curvo F G, che comunica con quella. Il fil di ferro I è fissato su il coverchio A B; ed in esso s'infilano varj cilindri di piombo simili ad H. Si versi tanta acqua dentro il Mantice per entro al tubo G F, quanta è necessaria per cominciar a sollevare il coverchio A B; e si adattino su di esso alcuni dei mentovati cilindri. Dopo di che proseguendo a versar dell'acqua dentro al tubo G F, scorgerassi immediatamente, che la picciola porzione di essa contenuta in siffatto tubo, sarà valevole a superar la resistenza di cotesti cilindri, e quindi a sollevarli in su unitamente al coverchio AB, in forza della sua pressione contro del medesimo. E però, supponendo l'altezza del tubo FG molto notabile, e nel tempo stesso il suo diametro molto picco-

lo,

lo, voi vedete benissimo, che la lieve quantità di acqua, di cui fosse egli ripieno fino all'orlo, sarebbe sufficientissima non solamente a sollevare migliaja di libbre, che si potrebbero applicare su il coverchio AB; ma eziandio a mantenerle ivi costantemente equilibrate; quando però il coverchio, il fondo, e le pareti del Mantice, fossero forti abbastanza per poterle sostenere senza rompersi.

623. Or quì appunto cade molto in acconcio l'avvertire, che siccome la pressione, che il fluido esercita su il fondo del vaso, in cui è contenuto è proporzionale all'altezza, ove egli si trova in quello, così la pressione, che il fluido stesso produce nelle varie distanze dal fondo su il fluido sottoposto, è parimente proporzionale alla sua altezza: intendo dire con ciò, che siccome il fluido, onde è ripieno il vaso A B C D, preme contro il fondo A D in ragione di E I moltiplicata per A D, così lo stesso fluido all' altezza H preme la colonna sottoposta A K L D in ragione di E H moltiplicata per K L: all'altezza G preme la colonna A M N D in ragione di E C moltiplicata per M N; e così di mano in mano. E poichè la pression laterale nei fluidi uguaglia sempre la pression verticale, o obbliqua; ne siegue, che la pressione della intiera colonna E I su gli estremi A, e D, dei lati B A, C D, del vaso A B C D, sarà come la sua altezza E I; quella di E H contro le indicate pareti nei siti K, L, sarà come E H; quella di E G nei punti M, N, sarà come G E, e così delle rimanenti.

T. XIV. Fig. 100.

624. Questa verità si può comprovare agevolmente con un fatto assai decisivo. Abbiasi un vaso, e sia A B C D, il quale sia guernito di due uguali orifizj, uno nel sito I del suo fondo, l'altro in uno dei suoi lati, e propriamente nel sito D, immediatamente contiguo al fondo divisato. Chiudasi bene prima di tutto l'orifizio D, e si otturi l'orifizio I con un turacciolo di sughero, il quale vada molto lindo, cosicchè non sia necessario di fare una notabil forza per estrarnelo. Indi si versi dolcemente l'acqua nel vaso, fino a tanto che la pressione di quella cacci fuori dell'ori-

T. XIV. Fig. 100.

fizio

fizio il mentovato turacciolo; e si noti cotesta altezza. Si chiuda poscia ben fermo il foro verticale I; e si otturi col turacciolo adoperato dianzi, l'altro orifizio laterale D. Versando nuovamente dell'acqua dentro il vaso, si vedrà, che qualora la medesima sarà giunta all'altezza di prima già notata, caccerà fuori di un tal orifizio laterale l'anzidetto turacciolo. Segno evidentissimo, che la colonna di fluido EI preme ugualmente in ragion dell'altezza non meno il fondo, che i lati del vaso: ciocchè intender si dee in simil guisa di ciascheduna delle sue porzioni HE, GE, FE.

625. Dalle quali cose si apprende, che nella costruzione dei vasi, specialmente in quei di gran portata, convien badare moltissimo, che i fondi, e le parti laterali a quelli adjacenti, sieno assai fermi, e robusti; nulla importando, che le parti superiori sieno più deboli di mano in mano; conciossiachè abbiam veduto (§. 623), che la pressione del fluido in essi contenuto si va diminuendo a misura che il fondo della sua colonna si ritrova più elevato dal fondo del vaso.

626. Egli è dunque manifesto, che i corpi tuffati nell'acqua soffrono una maggior pressione a misura che sono immersi ad una maggior profondità. Ce ne somministrano una pruova non equivoca quei, che dai Latini dicevansi *Urinatores*, ed in nostra favella diconsi *Palombari*; ossia coloro, i quali sogliónsi sommergere sino al fondo del mare, affin di raccorre delle conchiglie produttrici di perle, o altre preziose produzioni quivi naturalmente generate, oppure altre cose cadutevi per cagion di naufragio di qualche ricca Nave. E' tale la pressione, che essi soffrono, qualora lavorano molto a fondo, che obbligandoella il sangue a forzare le boccucce dei vasi, cagiona loro la emorragia dal naso, dagli orecchi, oppur da altre parti del corpo.

627. Oltreachè basta per convincerci di ciò un semplicissimo esperimento, quale è quello d'immergere dentro l'acqua una vescica ripiena di liquor colorato, e guernita di un picciol tubo di vetro, aperto in ambi-

bidue gli estremi. Immergendo cotesta vescica a diverse profondità, il liquore colorato in essa contenuto vedrassi ascender nel tubo a maggiore altezza, a misura che la profondità sarà maggiore: segno evidente, che la pressione dell'acqua esteriore sulle pareti della vescica si aumenta eziandio nella medesima proporzione.

628. Conchiuderemo queste tali considerazioni relativamente alla pressione dei fluidi contro il fondo dei vasi, col dichiarare, che qualora due vasi abbiano basi, ed altezze disuguali, la pressione del fluido su il fondo dell'uno sarà alla pressione del fluido stesso su il fondo dell'altro, come il prodotto della base, e della altezza del primo, al prodotto della base, e della
T. XIV. altezza del secondo. Laonde se l'aja della base A D
Fig. 95. sia di 4 piedi, e l'altezza C D di 6; il prodotto sarà di 24. Se la base I M sia di 3 piedi, e l'altezza
Fig. 96. N O di 4; il prodotto sarà 12. Dunque la pressione
Fig. 95. del fluido, che riempie il vaso A B C D, paragonata alla pressione dello stesso fluido, di cui è ripieno
Fig. 96. il vaso I K L M, è come 24 a 12; ossia come 2 ad 1.

629. Che se i fondi sono uguali, e le altezze disuguali, le pressioni saranno come le altezze: laddove all'opposto saranno come le basi, qualora avendo il fluido altezze uguali, i fondi dei vasi, su cui si appoggia, saranno disuguali.

630. Ognun si accorge di essersi ragionato fin qui di fluidi omogenei: ma nel caso che essi fossero di diversa natura, converrebbe inoltre aver riguardo alla loro densità; onde è, che in due vasi perfettamente uguali non meno in fondo, che in altezza, uno dei quali fosse riempiuto di mercurio, e l'altro di acqua; la pressione su il fondo del primo sarebbe 14 volte maggiore, che su il fondo dell'altro; per essere la gravità specifica del mercurio presso a 14 volte maggiore di quella dell'acqua.

AR-

ARTICOLO V.

Della Pressione scambievole tra Fluidi, e Solidi.

631. Dal premere i fluidi dal basso in alto ugualmente che da su in giù, ne nasce, *che un corpo, il quale sia specificamente più leggiero di un fluido qualunque, non può farsi rimanere immerso dentro di quello, ma risale a galla tostochè vien lasciato in libertà.* Imperciocchè quel tal corpo, che supporremo essere una palla di sughero, qualora fosse immerso nell' acqua fino ad una certa profondità, costituirebbe parte della colonna di fluido, che gli sovrasta; e quindi premerebbe in giù col suo peso unito al peso di quella, contro una ugual colonna dello stesso fluido. Questa riagendo, premerebbe il sughero, e il fluido sovrastante verso su: e siccome questa pressione deriva dalla forza di Inerzia (§. 607), deve esser proporzionale alla quantità della materia; onde è, che sarà maggiore nella colonna sottoposta al sughero, che in quella, che vien formata dal sughero stesso, e dalla colonna sovrastante; per essere il sughero specificamente più leggiero dell'acqua. Per la qual cosa ne dovrà necessariamente seguire, che la pressione di siffatta colonna verso giù, sarà vinta dalla pressione opposta della colonna, che le resiste; e quindi verrà il sughero rispinto in su coll' eccesso di quest'ultima; ossia colla differenza, che vi ha tra la pressione delle due indicate colonne. Ciò è tanto vero, che se si può in qualche modo render nulla la pressione inferiore, il corpo in quistione, quantunque specificamente più leggiero dell' acqua, si mantiene profondamente immerso dentro di quella.

632. Proviamo questa bella verità con un esperimento. Si fermi nel fondo del vaso A B C D il picciol cilindro di legno E F, perfettamente levigato, e specificamente più leggiero dell' acqua; e se ne abbia da parte un altro del tutto uguale, e simile al primo. Supponiamo, che sia egli G H. Or se prima di ver- Tav. XV. Fig. 101.

versar l'acqua entro al vaso, pongasi il cilindro GH su il suo simile EF, talmentechè possano essi combaciar perfettamente fra loro; quantunque poi si versi l'acqua nel vaso stesso, non può il cilindro G H soffrire la menoma pressione al di sotto: onde è, che anche riempiendone il vaso perfettamente, il cilindro GH sarà ritenuto al fondo dalla pressione del fluido, che gli sovrasta, nè salirà a galla, come farebbe certamente in altro caso.

633. Una ragione contraria all' enunciata nel §. 631, fa sì, che un corpo specificamente più grave del fluido, in cui s' immerge, non si mantiene a galla, ma va al fondo. Imperciocchè, siccome abbiam veduto, che i corpi di minore gravità specifica del fluido mantengonsi a galla di esso, per esser la pressione, che fa il fluido in su, maggiore di quella, onde siffatti corpi premono verso giù; così forza è, che scendano al fondo quegli altri, la cui gravità specifica supera quella del fluido, in cui sono immersi; per cagione, che la lor pressione verso il fondo è superiore a quella, che il fluido esercita in parte contraria; e la forza, con cui discendono, è uguale alla differenza di ambedue le pressioni, ossia alla loro gravità relativa, siccome abbiam detto nel §. 631: dimanierachè se la gravità specifica del solido sarà a quella del fluido come 6 a 4; la forza, onde quello discenderà al fondo di questo, sarà uguale a 2. Questa è appunto la ragione, per cui non sentiamo il peso di un secchio, o di altro simil vaso, fino a tanto che egli è immerso nell' acqua; e l' ignoranza di ciò fa credere a parecchi antichi Filosofi, che i fluidi fossero affatto scevri di gravità nei proprj elementi (605.)

634. Questa verità è tanto sicura, che se con un mezzo qualunque si può fare in modo, che la pressione del fluido verso su riesca uguale a quella, che i divisati corpi esercitano in parte contraria; i medesimi, comechè specificamente più gravi del fluido, non andranno al fondo, ma resteranno sospesi entro di quello. Per averne una pruova evidentissima ricorriamo agli esperimenti.

Tav. XV. Fig. 102. 635. Prendasi un vaso A B C D aperto in ambidue gli

gli estremi; e si adatti nella parte sua inferiore la piastra metallica EF in guisa tale, che combaciando questa perfettamente coll'orlo di quella, impedisca l'ingresso a qualunque fluido dentro del vaso. Abbiasi inoltre un altro vaso H I K L alquanto più ampio, e ripieno d'acqua fino ad un certo segno. Adattata quindi la piastra E F all'estremità inferiore del vaso A B C D, s'immerga ella con una porzione del vaso stesso dentro l'acqua contenuta in H I K L, ritenendo nel tempo medesimo la detta piastra compressa contro l'orlo del vaso corrispondente col mezzo del cordellino G M. Se la gravità specifica della piastra sarà dieci volte maggiore della gravità specifica dell'acqua; e nell'atto che la piastra si tien compressa contro il vaso A B C D, s'immerga questa insiem con esso fino alla profondità di 10 pollici al di sotto della superficie dell'acqua; quantunque si lasci libero il cordellino G M, che la sosteneva, si manterrà ella sospesa in quel tal sito; nè ci sarà pericolo, che cada giù in fondo. Imperciocchè non essendo essa premuta dalla parte superiore M N, dove l'acqua non ha veruno ingresso, soffre soltanto la pressione da giù in su; la quale si esercita da una colonna d'acqua BCF, alta dieci pollici, come abbiam supposto; Or la gravità specifica della piastra essendo a quella dell'acqua come 10 ad 1; se la piastra avrà *la* doppiezza di un pollice, peserà esattamente quanto la detta colonna di dieci pollici, da cui vien premuta all'in su: per conseguenza resterà equilibrata con essa; nè ci sarà ragione, per cui debba cadere al fondo. Al contrario una picciola quantità di acqua versata nel vaso A B C D sulla faccia superiore M N della piastra, distruggerà siffatto equilibrio, e la farà immediatamente discendere. Se la piastra s'immerga fino alla profondità di 20 pollici, verrà *in* certo modo spinta in su contro l'orlo del vaso, a cui si adatta, coll'eccesso della pressione del fluido; e resterà ivi equilibrata, e sospesa, quantunqne si versino nove pollici di acqua al di sopra di essa. Una goccia di più distruggendo l'equilibrio, la farà cader giù come dianzi.

636. Da tuttociò si deduce, che quei corpi, i quali non sono nè più gravi, nè più leggieri dell'acqua, ma bensì della stessa gravità specifica, vi si manterranno sospesi a qualunque profondità; poichè in ogni dove si troveranno perfettamente equilibrati, per esser la lor pressione uguale a quella dell' acqua.

637. Chi non avesse alla mano le Macchine per poter eseguire i divisati esperimenti, potrebbe farli col mezzo di un giocolino assai ordinario, che praticar si suole presso di noi da coloro, che fanno dei barometri, da cui si denomina *figura di Cartesio*. Consiste questo nella bottiglia A B ripiena di acqua, e chiusa al di sopra col mezzo di una carta pergamena, oppur di un pezzo di vescica. A galla dell'acqua vi è una picciola immagine di smalto, rappresentata da C, la quale essendo vota al di dentro, ha un picciolo buco sotto la pianta del suo piede. Mantiensi ella a galla, per essere specificamente più leggiera dell'acqua. Ma se mai si preme con qualche forza la carta pergamena, vien premuta in conseguenza la picciola quantità di aria frapposta tra essa, e la superficie dell'acqua, che si contiene nella picciola bottiglia A B; e quindi l'intiera massa di cotesta acqua. In virtù di tal pressione si obbliga una porzioncella di essa ad entrar nel voto dell'immagine C per entro all'accennato bucolino; e rendendosi ella in tal modo specificamente più grave dell'acqua, in cui è immersa, scende immediatamente al fondo. Tostochè si cessa di premer la pergamena, l'aria contenuta nel voto dell' immagine, sviluppando la sua elasticità, obbliga la detta porzioncella di acqua ad uscir fuori; onde vedesi l'immagine risalire a galla di bel nuovo. Se finalmente la pressione sulla pergamena sia alquanto leggiera, non s'interna nel corpo dell' immagine, se non se una picciolissima quantità di acqua; per cui rendendosi ella della medesima gravità specifica dell'acqua stessa, si mantien sospesa nella bottiglia A B a qualsivoglia profondità. Questo stromento dunque fa sì, che un medesimo corpo si renda ora più leggiero, ora più grave del fluido, in cui

Tav. XV. Fig. 103.

è

è immerso, ed ora finalmente della stessa gravità specifica con quello.

638. Di un simigliante artificio fanno uso la maggior parte dei pesci, ora per potersi mantenere nel fondo dell'acqua, ed ora per risalire verso la superficie di quella. Sono eglino naturalmente forniti di una vescica piena di aria, collocata nel lor ventre, la quale in alcuni è semplice, in altri doppia, ed in altri finalmente ripartita in tre cellette. Compressa questa, o pure rarefatta più, o meno, sia per la sola diversa pressione dell'acqua, sia parimente per la natural facoltà, che i pesci in se posseggono, di ristringere, e dilatare la cavità dell'addomine, fa sì, che i medesimi occupino ora un maggiore, ed ora un minor volume; e quindi che essi possano salire a galla, oppur discendere verso il fondo. Tanto vero, che s'ella vengasi a forare con qualunque mezzo, essendo l'animale in vita; vedesi egli cadere a fondo immediatamente, e perder la facoltà di poter di nuovo risalire. Ed è cosa mirabile, che quei pesci, i quali per lor natura han per costume di vivere in fondo del mare in sull'arena, sono del tutto sforniti dell'indicata vescica.

639. Dalle cose fin quì dichiarate si rileva ad evidenza, che mescolandosi insieme varj fluidi di differente gravità specifica, il più pesante tra essi dovrà occupare il fondo; il più leggiero salirà alla superficie; e gli altri si andranno a collocare nel mezzo, occupando siti più o meno alti, a tenore che saranno rispettivamente più, o meno leggieri.

640. Così infatti succede, qualora in un vaso di vetro pongasi una quantità di mercurio, una di olio di trementina, una di olio di tartaro, un'altra di spirito di vino, ed una porzione di aria. Se dopo di aver otturata la bottiglia, si scuota quella fortemente, ad oggetto di mescolar insieme i fluidi suddetti; indi si lasci in riposo; si vedrà, che il mercurio, che è il più pesante fra tutti, andrà ad occupare il fondo del vaso; al di sopra si porrà l'olio di tartaro; a questo succederà lo spirito di vino; e finalmen-

te l'aria al di sopra di tutti, per esser ella fra tutti specificamente più leggiera.

641. Vuolsi badare però, che qualora tra alcune specie di fluidi vi è una particolare affinità, ed attrazione, siccome avvien, per esempio, tra l'acqua, e il vino; quantunque sieno essi di differente gravità specifica, pure il più grave non discende al fondo; ma si mantengono eglino insiem mescolati, e confusi, per esser la forza di gravità vinta, e distrutta da quel particolar grado di attrazione. Vi ha tuttavolta un mezzo semplicissimo per far sì, che il vino gal-
T. XVI. Fig. 124. leggi sull'acqua. Prendasi una picciola bottiglia di vetro, simile ad A, il cui collo non sia più largo di circa tre linee; ed empiutala di vino, pongasi in fondo di un bicchiere B, ripieno in gran parte di acqua. Vedrassi tosto il vino sgorgar fuori della bottiglia A a guisa di una colonna ondeggiante di fumo, qual vien rappresentata da C, la quale salendo dolcemente in su, andrassi a collocare sulla superficie dell'acqua, ove resterà galleggiante, nell'atto che l'acqua del bicchiere B discenderà mano mano entro alla bottiglia A ad occupare il luogo abbandonato dal vino. Qualora facciasi uso di vino asciutto, l'esperimento non mancherà giammai di riuscire.

642. Essendosi già osservato nei paragrafi 631, e 633, che un corpo solido specificamente più leggiero del fluido, in cui è immerso, ascende alle superficie di quello in virtù dell'eccesso dell'assoluta gravità del fluido, o vogliam dire in virtù della gravità relativa; non altrimenti che un solido più grave discende al fondo in forza della stessa gravità, ossia con una forza, che ugaglia l'eccesso della sua gravità specifica al di sopra di quella del fluido, nel quale si profonda; agevol cosa è il dedurre, che la discesa dei corpi solidi entro ai fluidi riputar si dee della indole della discesa dei corpi per piani inclinati; avvegnachè sì gli uni, che gli altri, vi discendono per solo effetto della loro gravità relativa (§. 395).

AR-

ARTICOLO VI.

Del Peso del Solido galleggiante, paragonato a quel del Fluido; ove è immerso.

643. Un corpo specificamente più leggiero del fluido, in cui s'immerge, e che abbiam detto dovervisi mantenere a galla, *pesa quanto un volume di quel tal fluido, uguale alla porzione di esso corpo, che trovasi profondata nel fluido stesso*. Così, supponendo il solido E galleggiante sulla superficie dell'acqua contenuta nel vaso ABCD; l'intiero peso di E uguaglierà in peso un volume di acqua delle stesse dimensioni della porzione *a b c d* del solido medesimo, che si trova immersa dentro l'acqua. La ragione si è, che la base di cotesto solido, nell'atto che scende giù, discaccia dal suo luogo la quantità di fluido, che egli passa ad occupare, in forza del proprio peso. Sarà dunque valevole a discacciarne un tal volume, che uguagli appuntino cosiffatto peso. Ma il luogo abbandonato da un tal volume di acqua viene occupato dalla porzione del solido, che vi è immersa. E' dunque chiaro, che un volume di acqua, uguale a cotesta porzione immersa, uguaglia in gravità l'intiero solido. Tav. XV. Fig. 104.

644. Gli esperimenti non ce ne lasciano affatto dubitare. Supponendo il solido E essere un cilindro di abete immerso nell'acqua per la sua porzione *a b c d*; sospendasi egli ad una bilancia con tutto il vaso A B C D; e si tenga conto del lor peso, cui supporrem di 10 libbre. Si noti similmente l'altezza I K, a cui l'acqua trovasi elevata nel vaso. Ciò fatto, tolgasi via da quella il cilindro E. La conseguenza sarà, che l'acqua andando ad occupare precisamente il luogo occupato prima dalla porzione *a b c d* del cilindro, si abbasserà alquanto nel vaso al di sotto di I K. Che però vi si rifonda dell'acqua, finchè questa giunga a riempiere nuovamente il vaso fino alla notata altezza I K. Non ostante l'aggiunta di que- Tav. XV. Fig. 104.

sta acqua, il vaso continuerà a pesare 10 libbre come dianzi. La qual cosa dimostra, che il volume di acqua aggiunto, uguale alla porzione immersa *a b c d* del solido, uguaglia precisamente il peso dell'intiero solido.

645. Quindi conosciuto il peso del volume di acqua, uguale alla porzione immersa *abcd* del solido, si conosce per conseguenza il peso di tutto il solido: e il metodo onde rilevare il peso dell'indicato volume di acqua, è quello di moltiplicare il numero dei pollici, o piedi cubici, contenuti nella porzione *ab cd* del solido, pel numero delle once, o delle libbre di peso contenute in un pollice, o in un piede cubico di acqua; conciossiachè il prodotto darà il peso richiesto del volume di acqua. Così, supponendo, che quella parte del fondo di una Nave, che è profondata nel mare, sia di 4500 piedi cubici: moltiplicando 4500 per 72 libbre, che è il peso, a un di presso, di un piede cubico di acqua marina; il prodotto 324000 esprimerà il peso del volume acquoso, il qual volume uguaglia quello del fondo della Nave, che pesca sotto acqua; e conseguentemente esprimerà l'intiero peso della Nave medesima, e delle cose in essa contenute.

646. Attesa l'evidenza di queste verità, rendesi manifesto in simil guisa, che un solido immerso successivamente dentro diversi fluidi, vi si profonda maggiormente, a misura che la lor gravità specifica è minore: onde è, che le parti immerse sono tra se nella reciproca ragione delle gravità specifiche di cotesti fluidi. Laonde essendo l'acqua marina specificamente più grave dell'acqua dolce (giacchè un piede cubico di questa ultima pesa poco più di 70 libbre, ed un piede di acqua marina ne pesa circa 72); vediam seguirne alla giornata, che le barche, le quali caricate in mare s'imboccano poscia nei fiumi, si veggono assai più immerse nell'acqua in questi, che in quello. Per la ragione medesima un uovo, che si profonda naturalmente nell'acqua dolce, vedesi andare a galla, qualora nell'acqua stessa si sia disciolta una certa quantità di sale.

647. Su di questo principio è fondata la costruzione dell'*Idrometro*; il quale vien formato di ordinario dalla palla di vetro A, guernita di un peso in B, acciocchè possa profondarsi alquanto nei liquori; e di un tubo graduato C, atto a rimaner sollevato, più, o meno, sulla superficie di quelli. Immergendosi l'Idrometro, esempigrazia, nell'acqua, si nota la divisione del tubo C, che trovasi a livello colla superficie di quella: s'immerge egli poscia in un altro fluido, e si osserva di bel nuovo quale delle divisioni del tubo combacia colla superficie di un tal fluido. Ciò fatto, come il numero annesso a questa ultima divisione è al numero della prima, così la gravità del primo fluido è alla gravità del secondo: cosicchè, se immerso l'Idrometro nell'acqua, vi si profonda fino alla divisione marcata col numero 87, e nello spirito di vino s'immerge fino a 100; si dovrà conchiudere, che la gravità specifica dell'acqua è a quella dello spirito di vino, come 100 ad 87. Del resto i risultati di questa natura saranno molto più esatti facendo uso della Bilancia Idrostatica, e dei metodi, che verranno indicati nel §. 660, e seguenti. Tav. XV. Fig. 105.

648. Vi ha un'altra bella costruzione d'Idrometro inventata dal mio dottissimo Collega il Dottor Fordyce, e che quì si serba nella rispettabile Collezione del Signor Cavalier Vivenzio, insiem con altre Macchine, ed altri stromenti costrutti in Inghilterra dai più celebri Artefici. Ella in fondo è la medesima della dichiarata di sopra, essendo l'Idrometro formato di un globetto voto di rame, guernito al di sotto di una palla di ottone, e di una laminetta di acciajo al di sopra, a cui come ad un'asta si applicano i varj pesi, atti a far profondare l'Idrometro nei fluidi di varia densità; è però assai diversa nell'apparenza, e considerabilmente più comoda, più accurata, e più sensibile; essendo destinata a far conoscere nella maniera la più precisa, ed esatta, il diverso grado di purità di ogni sorta di liquori spiritosi. Siccome il dettaglio di tali stromenti mi viene assolutamente vietato dai brevi limiti di una Isti-

tuzione, così mi riserbo di trattarne in un' Opera a parte, come ho altrove indicato.

ARTICOLO VII.

Dell' assoluto Peso dei Solidi nell' aria, paragonato al lor Peso relativo negli altri Fluidi: e quindi del metodo di rilevare la Gravità specifica dei Corpi.

649. L'ultima legge idrostatica riguarda l'equilibrio, che vi ha tra fluidi, e solidi; e quindi il paragone delle loro densità rispettive. Egli è dunque da sapersi, che *un corpo solido, il quale s' immerga entro una massa di fluido specificamente più leggiero, perde tantò del suo peso, quanto è quello di un egual volume di quel tal fluido; ed un tal peso, che il solido perde, si viene ad acquistare dal fluido.*

Tav. XV. Fig. 106. 650. Per ben intendere questa legge in tutta la sua estensione, immaginiamoci d' immergere il solido E F G H entro il fluido A I K D specificamente più leggiero; ed osserviamo cosa ne siegue. Egli è indubitato, che il solido EFGH non può discendere in questo fluido senza scacciare dal suo luogo una porzione di esso fluido, uguale, al suo volume. E però passando egli ad occupare il luogo, in cui era la quantità del fluido scacciata, forza è, che questa passi ad occupare la sommità del vaso A B C D; cosicchè verrà ella indicata, per cagion di esempio, da I B C K. Or essendo l'azione uguale, e contraria alla riazione, dee indubitatamente seguirne, che il solido EFG H per iscacciare in forza del proprio peso un volume di fluido uguale al suo, ha dovuto superare l'inerzia di quello; e per conseguenza ha dovuto impiegare, e quindi restar privo di una quantità di forza, ossia di una porzione del suo peso, eguale alla resistenza di quel tal volume di fluidi: la qual resistenza sappiamo esser proporzionale alla massa del fluido stesso (§. 46).

651. Oltreachè. essendosi provato nel §. 633, che un

un solido specificamente più grave del fluido, in cui è immerso, discende al fondo di quello in forza soltanto della sua gravità relativa, ossia coll'eccesso del suo peso su di quello di un ugual volume di quel tal fluido: siam forzati a credere, che rimanga egli privo del resto della sua gravità assoluta; e che questa perdita uguagli il peso di un ugual volume di cotesto fluido.

652. Di più, l'indicato volume di fluido I B C K scacciato dal suo luogo, accresce l'altezza di tutta la massa fluida contenuta nel vaso, di cui si ragiona; dimodochè, se l'indicata altezza era K D, diverrà poscia C D. Per la qual cosa la pressione del fluido contro il fondo A D del vaso crescerà nella medesima proporzione (§. 615). Ma questo aumento di pressione vien cagionato dalla massa di fluido I B C K, la quale abbiam supposto essere uguale in volume al solido immerso E F G H. Egli è dunque manifesto, che quanto questo solido ha perduto di peso in forza della sua immersione, altrettanto ne ha guadagnato il fluido, in cui si è immerso. Tav. XV. Fig. 106.

653. E' agevolissimo il metodo da restarne convinto per via di fatti. Prendasi un solido; e sia il cilindro di metallo E. Si sospenda egli prima di tutto all'asta F di una bilancia sensibile; e si equilibri coi pesi H pendenti dall'asta opposta di quella. Ciò fatto, immergendo cotesto cilindro E nell'acqua, si vedrà tosto distrutto l'equilibrio in modo tale, che per poterlo ristaurar di bel nuovo, converrà aggiugnere un qualche peso a siffatto cilindro. Supporremo cotesto peso aggiunto uguale a quattro once; e ritroveremo in fatti esser egli precisamente uguale al peso di un volume di acqua delle stesse dimensioni del mentovato cilindro di metallo. La perdita dunque del suo peso non differisce da quello di un ugual volume del fluido, ove egli si è immerso. E se nell'atto della sua immersione, allorchè, come si è detto, si turba l'equilibrio; oppur dopo di esser ella seguita, si peserà il vaso A B C D insiem coll'acqua, e col solido immersovi, si rileverà, che il suo peso supera di quattro once il peso, che egli avea, qualora il Tav. XV. Fig. 104.

so-

solido E non era immerso nell'acqua, che egli contiene: segno evidente, che il peso perduto dal cilindro E si è acquistato dall'acqua, ove egli è immerso.

654. Da ciò si deduce, che due corpi qualunque, i quali essendo sospesi ai due estremi dell'asta di una bilancia, vengono immersi nell'acqua, si troveranno più leggieri di quel che pesavano nell'aria; avvegnachè un volume di acqua uguale al proprio lor volume, è più pesante di un ugual volume di aria; e quindi la perdita del lor peso, che abbiam detto uguagliare cotesti volumi (§. 649), sarà maggiore nell'acqua, che nell'aria. Per la ragione medesima gl'indicati corpi si troveranno più leggieri nell'aria, che nel voto; ove non essendo immersi in verun fluido, non vengono a soffrire alcuna diminuzione di peso. Laonde il vero, ed assoluto peso dei corpi non si può rilevare, se non se nel voto.

655. Dallo scemarsi la gravità di un solido di quanto pesa un ugual volume di fluido, ove egli è immerso (§. 649), ne siegue, che tutti i corpi di ugual volume, comechè di diversa gravità specifica, perdono la stessa quantità di peso, qualora vengono immersi nel medesimo fluido: laddove avendo volumi disuguali, comechè si uguaglino in peso; le loro perdite di gravità sono proporzionali ai loro volumi. Ciò è tanto vero, che se in un bacino di una bilancia pongasi una gran palla di legno di abete, e si metta in equilibrio con una picciola palla di piombo collocata su'l bacino opposto; tostochè ambedue saranno immerse dentro dell'acqua, la palla di piombo vedrassi immediatamente traboccare; per ragione, che avendo ella minor volume della palla di abete, soffrirà entro a quel fluido minor perdita di peso.

656. Siam da ciò manifestamente istrutti a tener per fermo, che qualora due corpi di diversa gravità specifica, quali sarebbero il legno, ed il metallo; la carta, ed il legno; il ferro, e le piume, ec. sono contrappesati su di una bilancia nell'aria; ad onta di un tale equilibrio, il corpo di maggior volume ha maggior peso assoluto. Imperciocchè essendo eglino im-

immersi dentro di un fluido, che è l'aria; e perdendo quivi una porzione di peso proporzionale al lor volume; è manifesto, che siffatta perdita sarà maggiore in quello, il cui volume è maggiore: per conseguenza uopo è, che il peso assoluto di questo superi quello dell'altro per costituir l'equilibrio. Come in fatti, se un gran cubo di carta, ed un picciol cubo di piombo, perfettamente equilibrati nell'aria, pongansi entro un recipiente della Macchina Pneumatica; tostochè sarà fatto il voto in quello, il cubo di carta si vedrà traboccare, e dimostrerà così la verità quì proposta.

657. Quindi è, che nel pesare mercanzie leggiere, le quali occupano di ragione un gran volume a rincontro di pesi di ferro, oppur di pietra, che sogliónsi adoperare di ordinario su 'l bacino opposto della bilancia, ovver su 'l braccio della statera, se ne dà sempre una quantità maggiore di quella, cui s'intende di dare. Egli è vero però, che attesa la somma leggerezza dell'aria, l'indicata differenza riesce affatto insensibile.

658. Egli è poi del tutto naturale l'immaginare, che lo stesso corpo, essendo immerso in fluidi di varia densità, viene a soffrire perdite di peso proporzionali alle densità di quelli. E poichè la densità dell'aria soffre dei cambiamenti nelle varie circostanze, i corpi in essa immersi soggiaciono corrispondentemente a diverse perdite di peso.

659. Le dottrine fin quì dichiarate ci somministrano un metodo agevolissimo, e sicuro, per poter determinare la gravità specifica dei corpi. Or questa determinazione può riguardare, o la gravità specifica di un solido paragonata a quella di un fluido, o la specifica gravità di due fluidi, o finalmente quella di due solidi. Il metodo per poter paragonare la gravità specifica di un solido a quella di un fluido è la seguente.

660. Sospeso il solido all'asta di una esatta Bilancia, la quale, per esser destinata a siffatte operazioni, dicesi *Bilancia Idrostatica;* ed equilibrato con pesi pendenti dal braccio opposto, s'immerga dentro

il

il fluido, colla cui gravità si vuol quello paragonare? Giusta la proposizione stabilita nel §. 649, perderà egli tanto peso, quanto è quello di un ugual volume di cotesto fluido. E perciò siffatto peso perduto, paragonato al peso assoluto del solido nell'aria, esprimerà la gravità specifica del fluido rispettivamente a quella del solido. Serva di esempio il cilindro di argento E, la cui gravità specifica vogliasi paragonare a quella dell'acqua: e sia egli della grandezza di un pollice. Dopo di averlo sospeso al capo F della Bilancia, ed equilibrato con pesi collocati su'l bacino H, facciasi profondare dentro l'acqua del vaso A B C D. Supponiamo, che convenga aggiugnere 22 grani di peso all'asta F per restituire l'equilibrio già distrutto in virtù di tale immersione (§. 653). Ciò sarà certo indizio, che un pollice cubico di acqua pesa 22 grani. Ma il peso assoluto del cilindro E nell'aria viene espresso dai pesi collocati su'l bacino H, con cui si è egli equilibrato. Dunque come i pesi del bacino H sono a grani 22, così la gravità specifica del solido sarà a quella del fluido; cosicchè, supponendo cotesti pesi uguali a 242 grani, si rileverà, che la gravità specifica dell'argento è a quella dell'acqua, come 242 a 22. E perciò dividendo 242 per 22; il quoziente 11 esprimerà, che il peso dell'argento è 11 volte maggiore di quello di un ugual volume di acqua.

Tav. XV. Fig. 104.

661. Questo medesimo solido immerso successivamente in fluidi diversi, soffrirà differenti perdite di peso, a misura della diversa loro densità (§. 658). Coteste quantità perdute, messe tra loro al paragone, esprimeranno le rispettive gravità degli anzidetti fluidi. Per la qual cosa supponendo, che il cilindro E avesse perduto nell'acqua 22 grani di peso; nell'olio 11 grani; e nel latte di vacca 10; si dovrà conchiudere, che la gravità specifica dell'acqua è a quella dell'olio come 22 ad 11, ossia come 2 ad 1; e la gravità dell'olio è a quella del latte come 11 a 10.

Tav. XV. Fig. 104.

662. Paragonando finalmente la gravità specifica di diversi solidi, separatamente presi, con quella dello stes-

stesso fluido, giusta il metodo proposto nel §. 660, si avrà di ragione la gravità rispettiva dei solidi stessi. Così, essendosi ritrovato, che la gravità specifica dell'oro è a quella dell'acqua come 19 ad 1; che la gravità specifica dell'argento è a quella dell'acqua come 11 ad 1; che la gravità specifica del ferro è a quella dell'acqua come 7 ad 1; si rileverà per conseguenza, che la gravità specifica dell'oro è a quella dell'argento come 19 ad 11; che la gravità dell'argento è a quella del ferro come 11 a 7: e così s'intenderà del resto.

663. La principale avvertenza da aversi in simili operazioni è quella di fare i diversi saggi, qualora l'aria è della medesima temperatura; essendosi osservato più volte, che la gravità specifica dei corpi non è la stessa nell'inverno, che nell'estate, per cagion del ristringimento, e della dilatazione, che essi soffrono in forza del freddo, e del caldo (§. 26). Quindi è, che torna più conto il comperar dei liquidi a misura in tempo d'inverno, che di estate; per essersi rilevato, che una misura di spirito di vino, uguale ad un pollice cubico, pesa dieci grani di meno nell'estate, che nell'inverno; che la stessa misura di aceto pesa sei grani di meno; lo spirito di nitro venti grani di meno; e così di altri: ed ognun comprende, che ciò dee variare a norma del maggior grado di freddo, e del maggior calore.

664. Si oltrepasserebbero di molto i limiti di una Istituzione volendosi annoverare tutti gli usi, che si possono fare delle fin quì rapportate dottrine riguardanti la gravità specifica dei corpi, e i rimarchevoli vantaggi, che altri ne potrebbe ritrarre in parecchie occorrenze. Avendo ozio, e salute, coteste cose saranno da me ampiamente sviluppate in un'altra mia Opera. Accennerò quì come di passaggio, che essendo nota la gravità specifica delle sostanze le più preziose, esempigrazia, del diamante, dell'oro, dell'argento, delle perle, ec., si ha sempre alla mano il metodo sicuro da poter discernere le false dalle vere, e prevenire in tal modo qualunque sorta d'inganno. Così, sapendo, che la gravità specifica del diamante

è a

è a quella dell'acqua, come $3\frac{2}{5}$ ad 1; che la gravità dell'oro è a quella dell'acqua, come $19\frac{3}{5}$ ad 1; ognorachè vi venisse presentato un diamante, od una moneta d'oro, ed aveste sospetto di esser quello falso, o questa adulterata; ricorrendo alla bilancia Idrostatica, potreste vedere immediatamente se le loro gravità specifiche riguardo all' acqua corrispondono alle indicate quì sopra; giacchè, essendo maggiori, o minori, sarà segno certissimo, che le rapportate sostanze non sono genuine. Con un metodo di questa natura l' impareggiabile Archimede scuoprì esservi della lega nella corona d'oro fatta per Gerone Re di Siracusa.

665. Essendo assolutamente necessario per lo scioglimento di tali problemi il sapere la gravità specifica dei varj corpi, sì solidi, che fluidi, soggiugneremo quì una breve Tavola delle gravità delle sostanze le più ovvie per gli usi, ritrovate coi metodi rapportati di sopra, e paragonate coll'acqua pura, il cui peso si considera come l' unità. Per la qual cosa ritrovando nella Tavola, che la gravità specifica dello stagno è 7, 320; si dee intendere, che il peso di un volume di stagno, paragonato a quello di un ugual volume di acqua pura, è come 7, e 320 millesime, ossia come $7\frac{1}{3}$ a un di presso, ad 1.

Ta-

Tavola di Gravità specifiche.

Argento fino.	11, 091
Antimonio di Ungheria.	4, 700
Antimonio di Germania.	4, 000
Acciajo temperato.	7, 704
Amianto.	2, 913
Avorio.	1, 825
Alabastro.	1, 872
Ambra.	1, 040
Alume.	1, 714
Acqua di pioggia.	1, 000
Acqua distillata.	0, 993
Acqua di fiume.	0, 009
Acqua marina.	1, 030
Aceto di vino.	1, 011
Aceto distillato.	1, 030
Aria.	0, 001 $\frac{1}{4}$
Bismut.	9, 700
Borace.	1, 720
Cinabro naturale.	7, 300
Cinabro artificiale.	8, 200
Cera gialla.	0, 995
Canfora.	0, 996
Corallo rosso.	2, 689
Corniola.	2, 568
Calamita.	4, 840
Cristallo di Islanda.	2, 720
Cristallo di rocca.	2, 650
Diamante.	3, 400
Diaspro.	2, 666
Ferro.	7, 645
Giacinto.	2, 631
Lapis Lazuli.	3, 054
Legno di Bosso.	1, 031
di Ebano.	1, 177
Litargirio d'oro.	6, 000
di argento.	6, 044
Mercurio.	14, 000
Marmo nero.	2, 704
Marmo bianco.	2, 707
Oro fino.	19, 640
Olio di ulive.	0, 913
Olio di lino.	0, 932
Piombo.	11, 301
Rame di Svezia.	8, 784
Sal gemma.	2, 143
Ammoniaco.	1, 453
di Glaubero.	2, 246
Sangue umano.	1, 040
Zolfo.	1, 800
Spirito di vino rettificato.	0, 866
Stagno puro.	7, 320
Verderame.	1, 714
Vetro comunè,	2, 620

666. Tutte le rapportate leggi idrostatiche non sono che il frutto della esperienza, che è stata la unica guida per rintracciarle, giacchè niuno avrebbe potuto giammai lusingarsi di dedurle dalla natura dei fluidi, per la ragione, che la forma delle loro particelle estremamente tenui, ed impercettibili, come altresì la di-

spo-

sposizione scambievole delle particelle medesime, ci sono del tutto ignote. E per ciò non dovrà recar meraviglia, se ad onta degli sforzi di tanti ingegni, e dei grandissimi lumi somministrati dalla Matematica, e dalla Meccanica, si sia fatto finora tanto poco progresso intorno alla teoria dei fluidi. Il primo fra gli antichi, che ci abbia somministrato le leggi idrostatiche, fu il grande Archimede. Pascal, Mariotte, e di Alembert, si sono molto segnalati fra i moderni nelle loro ricerche su di questo soggetto.

LEZIONE XIII.

Dell' Idraulica.

ARTICOLO I.

Cosa s' intenda per Idraulica; e quale sia la velocità dei Fluidi, che scorrono per determinati orifizj.

667. Tostochè nei fluidi si distrugge l' equilibrio, il quale, siccome abbiam veduto, costituisce l' oggetto dell' Idrostatica, dee per necessità seguire in essi un movimento. Ora il considerare i fluidi in moto, forma l' oggetto dell' Idraulica; la quale prende la sua denominazione dal greco vocabolo ὕδωρ *acqua*, ed αὐλὸς *tromba*. E quantunque questa Scienza comprenda in se la considerazione non solo delle leggi generali dei fluidi, ma eziandio della maniera di condurre, e di sollevar le acque a norma dei bisogni; nondimeno però, parlando a rigore, si suol dar la denominazione d' *Idrodinamica* alla Scienza generale del moto dei fluidi, e si riserba quella d' *Idraulica* alla Scienza, che tratta particolarmente del moto delle acque, non che della maniera, e delle macchine per poterle sollevare, oppur condurre dall' uno all' altro luogo.

668. Il movimento dei fluidi può derivare o dalla propria loro gravità, e pressione, oppur dalla elasticità, e dalla pressione dell' aria. Di questa sorta di movimento ne ragioneremo più opportunamente nella Lezione sull' aria; e ristrigneremo per ora le nostre riflessioni su 'l moto dei fluidi originato dalla lor gravità.

669. Il momento dei fluidi in moto deriva dallo stesso principio, da cui lo abbiam veduto nascer nei solidi; cioè a dire dalla massa, e dalla velocità. Ma

poichè egli è cosa naturale il concepire, che la quantità, ossia la massa di fluido, che esce fuori in un dato tempo da un canale, o da un determinato orifizio praticato in un vaso, è sempre proporzionale alla sua velocità, essendo cotesta massa maggiore, o minore in un dato tempo, a misura che la velocità si aumenta, oppur si diminuisce; si scorge ad evidenza, che il momento dei fluidi, che sgorgan' fuori da un canale, o dal divisato orifizio, è proporzionale alla velocità moltiplicata per se medesima; che val quanto dire al quadrato della loro velocità.

670. E poichè la corrente di un fiume, la quale si fa strada per una sezione di quello, si può giustamente considerare come se sgorgasse dall'orifizio di un vaso, uguale a quella tal sezione; è facile l'intendere, che la forza, onde ella andrà a percuotere un dato ostacolo, secondo una data direzione, sarà parimente proporzionale al quadrato della sua velocità. Quindi un dato volume di acqua, il quale vada ad urtare la ruota di un Mulino con 4 gradi di velocità, la farà muovere con una forza 4 volte maggiore di quella, onde la muoverebbe, se l'andasse a percuotere nella direzione stessa colla velocità di due gradi; attesochè il quadrato di 4, che è 16, è quadruplo di 4, che è il quadrato di 2. Nel caso poi, che la superficie del corpo urtato divenisse maggiore, o minore, serbando sempre il fluido la medesima celerità, e direzione; la forza della percossa sarebbe nella ragione di cotesta superficie; cosichè sarebbe doppia, tripla, ec., su di una superficie doppia, o tripla di un'altra. E se variasse nel tempo medesimo sì la celerità, che la superficie; la forza, di cui si ragiona, sarebbe nella ragion composta dalla semplice della superficie, e dal quadrato della velocità. Ed è chiaro, che paragonandosi i momenti di due fluidi di densità diversa, converrà parimente tener conto di una tal differenza.

671. La forza dell'urto obbliquo dei fluidi è sempre minore di quella dell'urto diretto, ossia di quel tale urto, che si fa in direzione perpendicolare al piano percosso, date le altre cose uguali, e il rapporto

tra

tra l'una, e l'altra è il medesimo di quello, che si è proposto nel §. 340 relativamente ai corpi solidi.

672. Or niuno stenterà a concepire non esser altro l'indicato momento, salvochè l'effetto della pressione di cotesti fluidi. Laonde essendosi già dimostrato, che la pressione dei fluidi è in ragione della loro altezza (§. 613), ne seguirà, che i loro momenti saranno eziandio come le altezze. Ma le velocità dei getti dei fluidi sono come le radici quadrate dei momenti (per essersi provato nel §. antecedente, che siffatti momenti sono proporzionali ai quadrati delle velocità). Egli è dunque manifesto esser elleno eziandio come le radici quadrate delle altezze.

673. Come in fatti si prendano due vasi del tutto simili, ma disuguali in altezza, dimanierachè uno sia quattro volte più alto dell'altro. Vi si faccia in fondo di ciascheduno un foro perfettamente uguale a quello dell'altro; e si vedrà, che essendo eglino mantenuti costantemente ripieni di acqua, col rifonderne a misura che ne va uscendo; qualora all'acqua in essi contenuta si dà libera l'uscita pei fori divisati, il fluido, che scorterà dal vaso alto quattro piedi, riempirà un vaso di due caraffe nello stesso intervallo di tempo, in cui il fluido, che sgorgherà dal vaso alto un piede, riempirà un altro vaso della capacità di una caraffa. Or 2 è la radice di 4, che è l'altezza del primo vaso; ed 1 è la radice di 1, che è l'altezza del secondo: dunque le quantità di fluido sgorgate da cotesti due vasi nel tempo stesso, sono come le radici delle loro altezze, ossia delle altezze dei fluidi in essi contenuti. Ma coteste quantità di fluido già scorse, attesa la perfetta uguaglianza dei divisati orifizj, e del tempo dello scorrimento, sono necessariamente proporzionali alle loro velocità (§. 669). Egli, dunque manifesto, che le velocità, onde i fluidi sgorgano da fori praticati nei vasi, sono proporzionali alla radice dell'altezza del fluido al di sopra di quei dati fori. E ciò si avvera non solamente quando gli orifizj sieno esistenti nei fondi dei vasi, ma eziandio essendo eglino nei lati; essendosi da noi già dimostrato,

che i fluidi premono ugualmente da tutte le parti. Laonde ripetendo il tesiè rapportato esperimento con aprire fori laterali nei supposti due vasi, si avranno precisamente i medesimi risultati.

674. Dalle quali cose apertamente si scorge, che la velocità; onde un fluido sgorga da un orifizio praticato in un vaso qualunque, uguaglia precisamente la velocità, che un grave acquisterebbe col discendere liberamente dalla medesima altezza, che si frappone tra quell' orifizio, e la superficie del fluido stesso; conciosiachè abbiam già dimostrato (§. 376), che la velocità dei corpi cadenti, in qualunque punto della loro discesa, è come la radice quadrata degli spazj descritti, ossia delle altezze, da cui son caduti.

675. Or porta il pregio di illustrare questa verità con un altro semplicissimo raziocinio. Se il volume
Tav.XIV. Fig. 100. di acqua contenuto nel vaso A B C D si concepisce diviso in varj strati uguali, e paralleli all' orizzonte, col mezzo delle rette O P, M N, K L; non si durerà fatica a comprendere, che essendo la pressione del primo strato di fluido O B C P di un grado; quella dello strato sottoposto M O P N sarà di due; quella di K M N L di tre; e finalmente che lo strato inferiore A K L D premerà con quattro gradi di forza. Sicchè dunque codesta ultima colonna premerà colla gravità sua, e con quella delle altre tre colonne, che le sovrastano: in conseguenza riceverà ella tutto in un tratto una impressione tale dalla forza di gravità, che uguaglierà la somma delle particolari impressioni, che avrebbe ricevuto da quella di mano in mano che fosse discesa lungo lo spazio E I. Ma in questo caso la sua velocità in I sarebbe stata come la radice di E I (§. 376). Dunque sarà ella eziandio nella stessa proporzione in virtù dell' indicata pressione delle sovrastanti colonne; e conseguentemente sgorgherà l' acqua dall'orifizio I, ovvero D, colla medesima velocità, che avrebbe acquistata col discendere dall' altezza E I.

676. Laonde a cotesto fluido, nell' atto che scorre per uno dei divisati orifizj, competeranno le stesse proprietà, che abbiam veduto competere ai corpi caden-

denti; fra le altre quella, che proseguendo egli a muoversi uniformemente colla velocità, onde sgorga dall' orifizio (uguale a quella, che avrebbe acquistato nel discender lungo E I), trapasserà uno spazio doppio di quello, da cui si suppone disceso (§. 270). Quindi l'acqua, che uscisse dall'orifizio N, che è nel centro del vaso A B C D, giugnerebbe alla distanza orizzontale D E, uguale al diametro D C: e il sentiere, che ella descriverebbe, sarebbe una parabola. Imperciocchè uscendo ella dall' orifizio N con moto uniforme; ed essendo spinta nella direzione orizzontale NF; viene nel tempo stesso tratta giù costantemente dalla forza di gravità nella direzion verticale N D. Per conseguenza si troverà ella nelle stesse circostanze di un solido projettato; e quindi verrà costretta a descrivere il sentiere parabolico N E, siccome abbiam già dimostrato (§. 438). Tav. XIV. Fig. 100.

677. Ed in vero l'esperienza ci fa vedere, che tutti i getti di acqua, i quali si fanno per gli orifizj P, N, L, ec., sono effettivamente parabolici; e che convengono loro quelle tali proprietà, che abbiam veduto competere ai projetti (§. 446, *e segu.*): dimanierachè descrivendo il semicerchio C H D su 'l diametro C D, che è l'altezza del vaso; le distanze orizzontali, a cui giugneranno i getti divisati, saranno tra se come le rette PR, NH, LS, tirate dai punti P, N, L, perpendicolarmente al lato CD dal vaso, fino alla circonferenza del divisato semicerchio. Onde è poi, che il getto per NH sarà il massimo di tutti; e quelli per PR, ed LS, prescindendo da qualunque resistenza, saranno tra se uguali (§. 447); che l'impeto dei getti per P, N, L, ec., sarà come le altezze CP, CN, CL, ec., e finalmente che il sentiere da essi descritto sarà una semiparabola, oppure una parabola intiera, secondochè i tubi annessi ai rispettivi punti P, N, L, ec., saranno in posizione orizzontale, ovvero obbliqua. T. XIV. Fig. 100.

678. La ragione di ciò intenderassi di leggieri ognorachè si vorrà riflettere che essendo il moto del fluido, che sgorga dagli orifizj P, N, L, ec., uniforme; gli spazj da esso trapassati, ossia le distanze orizzontali, T. XIV. Fig. 100.

tali, a cui egli giugnerà, saranno in ragion composta della velocità, e del tempo (§.95); ossia come i rettangoli formati dalla velocità, e dal tempo. Sicchè dunque la distanza orizzontale, fino a cui sporgerà il getto di fluido, che sgorgherà dall'orifizio P nella direzione PR, sarà come il rettangolo formato dalla radice di CP, che esprime la sua velocità (§.376), e dalla radice di PD, che rappresenta il tempo, che egli impiegherà per discendere sull'orizzonte; giacchè abbiam veduto, che il tempo per trascorrer PG in forza di due urti, uno per PR, e l'altro per PD, uguaglia precisamente quello, che si impiegherebbe nel trascorrer PD in forza della sola gravità, oppure PR in forza della sola projezione (§.276). In simil guisa si dimostra, che la distanza, a cui giugnerà il getto, che scorre dall'orifizio L, è come il rettangolo di CL, e DL; non altrimenti, che la distanza del getto di N sarà come il rettangolo di CN, e DN. Ma codesti rettangoli, siccome la Geometria c'insegna, sono tra se come le rette PR, LS, NH, di cui le prime due sono uguali l'una all'altra, e l'ultima è la massima di tutte. Egli è dunque chiaro non essere alieno dal vero tutto ciò, che si è avvanzato nel paragrafo antecedente intorno al paragone dei getti di acqua coi corpi projettati. Laonde qualunque picciol divario, che potrà scorgersi in pratica; occorrendo, esempigrazia, che i getti per P, ed L, non vadano a coincidere insieme perfettamente, ec., devesi assolutamente attribuire alla diversa resistenza dell'aria, siccome si è fatto osservare per rapporto ai projetti.

679. Dalla proposizione stabilita nel §. 674, cioè a dire, che la velocità, onde un fluido sgorga da un orifizio praticato in un vaso, uguaglia precisamente quella, che un grave acquisterebbe col discendere dall'altezza, che si frappone tra la superficie del fluido, e quel tale orifizio; ne derivano immediatamente alcune conseguenze interessanti, di cui la prima si è, che dati due vasi cilindrici ugualmente alti, e guerniti di uguali orifizj, riempiuti di acqua; se uno di essi si manterrà sempre pieno nell'atto che l'altro si va

va votando, sgorgherà dal primo una quantità di acqua, doppia di quella, che uscirà dal secondo nel tempo medesimo. La ragione si è, che la velocità dell'acqua dal vaso costantemente pieno è uniforme, laddove quella dell'altro vaso è continuamente ritardata, diminuendosi mano mano la sua altezza, da cui la velocità dipende. Laonde coteste due quantità di acqua si rassomiglieranno a due corpi gravi, uno dei quali discenda uniformemente dall'alto con una determinata velocità, e l'altro cominci a muoversi collo stesso grado di velocità da giù in su. Ma nel §. 370, si è detto, che se un corpo cadente prosiegue a muoversi uniformemente colla velocità acquistata in fine della sua caduta, trascorre in un tempo uguale uno spazio doppio di quello, da cui è disceso; laddove spinto in su collo stesso grado di velocità, non fa che montare alla medesima altezza, da cui è caduto (371). Egli è dunque chiaro, che la quantità di fluido, che sgorga dal vaso costantemente pieno, la quale abbiam dimostrato (§. 669) esser proporzionale alla sua velocità, esser dee doppia di quella, che scorre dall'altro, che vassi votando gradatamente.

680. La seconda conseguenza si è, che i vasi cilindrici si votano con legge tale, che le quantità di fluido, che ne sgorgano in tempi uguali, decrescono inversamente come i numeri dispari, 1, 3, 5, 7, 9, ec., talmentechè, se nel primo istante ne usciranno 9 caraffe di acqua, nel secondo ne usciranno 7, nel terzo 5, nel quarto 3, e così via via. La ragiona si è, che abbiam dimostrato esser questa la legge, con cui va decrescendo la velocità di quei corpi, che muovonsi da giù in sù con moto ritardato (§.371); ai quali corpi si è detto di sopra (§. 679); doversi assomigliare i fluidi dei vasi, che si votano.

681. Finalmente ne siegue, che *un fluido, il quale sgorga perpendicolarmente da un orificio praticato in un vaso, possiede un tal grado di velocità, che prescindendo da qualunque resistenza, è capace di farlo ascendere alla stessa altezza, in cui egli si ritrova entro a quel vaso*. Questa è la proprietà, che abbiam veduto convenire ai corpi cadenti, qualora fansi

Tav. XI. Fig. II.

si ascendere colla velocità acquistata nel fine della loro discesa (§. 371). Così avverebbe in fatti, se disposto il cannello G in una posizione verticale, nell'atto che il vaso F E fosse del tutto pieno di acqua, si desse a quella libero l'esito per l'orifizio di cotesto cannello; imperciocchè il zampillo da essa formato s'innalzerebbe *quasi* al livello dell'acqua contenuta in F E. Dico *quasi*, per la ragione, che oltre allo sfregamento dell'acqua contro le pareti del tubo; ed all'infuori della resistenza dell'aria contro il fluido, che sgorga; le parti stesse del fluido, onde è formato il zampillo, gravitando sulle parti simili a loro sottoposte, le quali al par di esse vengon forzate ad uscir fuora del tubo, ne ritardano la velocità; e quindi lor vietano di ascendere all'altezza dovuta. Onde è poi, che dando all'indicato cannello G una picciola inclinazione; e schivandosi in tal modo la pressione diretta delle mentovate parti del zampillo; vedesi questo sollevarsi ad una altezza maggiore.

682. L'esperienza c'istruisce, che qualora i getti di acqua sono eseguiti in maniera, che si possa evitare più che è possibile l'indicato sfregamento contro le pareti dei tubi, l'impedimento, che deriva solamente dall'aria, fa sì, che i getti tengansi più bassi della superficie dell'acqua nei serbatoj, d'onde derivano, a un di presso nella *sudduplicata ragione delle altezze, a cui s'innalzano*, ossia nella ragione delle radici quadrate delle altezze medesime. Laonde può aversi in pratica per regola generale, che *quante volte un getto di cinque pollici si contiene nell'altezza di un getto qualunque, di altrettanti pollici moltiplicati per se medesimi, la superficie dell'acqua nel serbatojo è più elevata dell'altezza di quel tale getto.* Quindi è, che per avere un zampillo dell'altezza di 15 piedi, bisogna, che la superficie dell'acqua nel serbatojo sia 9 pollici più alta; attesochè 5 in 15 contiensi tre volte; e 'l quadrato di 3 è 9: e così si intenda del resto.

683. Si badi però a render più ampia l'apertura dei tubi dei zampilli a misura che i serbatoj sono più elevati. Imperciocchè il massimo ostacolo all'innalzamen-

mento dei getti di acqua provvenendo dall' aria, che resiste (al pari degli altri fluidi §. 128) in ragione dei quadrati della velocità dei getti medesimi; ne nasce per necessità, che quando i zampilli sono molto veloci, perchè derivano da serbatoj molto alri, e sono nel tempo stesso molto sottili; non hanno forza sufficiente per resistere all' urto dell' aria, e quindi si sciolgono, e si dissipano in tenuissimi fili, ed in minime stille. Scorgesi in effetto, che se nelle pareti di una botte piena di acqua facciansi dei buchi disuguali a pari altezza, il getto più lungo è quello, che sgorga dal buco più largo.

684. Dalla legge espressa nel §. 681 dipendono unicamente lo sgorgo delle fontane sì naturali, che artificiali, e tutte le sorte di getti di acqua spontanei, cui ammiriamo alla giornata. Sicchè, qualor veggiamo l' altezza di cotesti getti, dobbiamo esser sicuri, che il livello di quel tal fluido, che sgorga, è alquanto superiore a quella altezza entro al serbatojo, onde egli procede. E se c' imbattiamo a rinvenir dei rigagnoli in cima di un monte, non ci è luogo da poter dubitare, che il natural serbatojo, che gli somministra, non debbasi ritrovare in una montagna più alta; d' onde essi discendono per meati sotterranei.

685. Comechè sia cosa fuor di dubbio, a tenor di ciò, che si è dimostrato nel §. 673, che date uguali altezze di un fluido al di sopra di orifizj praticati nel fondo, oppur nei lati dei vasi, la velocità, onde il fluido sgorga da quelli, è precisamente la medesima; vuolsi però dichiarare come ciò debba intendersi, qualora si applicano dei tubi a cotali orifizj. La cosa dunque va in questo modo: applicando il tubo E, per cagion di esempio, al fondo del vaso A B C D; l' altezza di questo vaso non sarà più F G, ma bensì F E: e per tal fine la velocità, onde il fluido scorrerà per cotesto tubo, sarà come la radice di F E, e non già come quella di F G, siccome sarebbe stata non essendoci il tubo (§. 672). Per lo contrario applicando il tubo medesimo lateralmente ad un orifizio praticato in D, l' altezza del fluido non si accrescerà a verun patto, sia il tubo orizzontale, ossia incli- Tav. XV. Fig. 107.

cli-

clinato in qualunque modo; e quindi non vi sarà ragione, per cui la sua velocità si debba accelerare: che anzi, dovendo egli trascorrere lungo il tubo, incontrerà della resistenza nelle pareti di quello; e cotal resistenza sarà maggiore essendo più lungo il cannello. Su di ciò gli esperimenti ci rendono informati, che applicando successivamente ai lati dei vasi tubi cilindrici di ugual diametro, ma di diversa lunghezza, in direzione orizzontale; e mantenendo sempre l'acqua elevata in cotesti vasi ad un'altezza costante; *la velocità, ond'essa ne sgorga fuori, e per conseguenza la quantità del fluido, che ne esce in un dato tempo, è nella ragione inversa della radice quadrata della lunghezza dei mentovati tubi.* Applicato in fatti orizzontalmente un tubo di 16 piedi, e del diametro di circa mezzo pollice, ad un vaso riempiuto costantemente di acqua fino all'altezza di 3 piedi, ne usciron fuori presso a 161 once e mezza d'acqua nell'intervallo di un mezzo minuto; laddove tolto via un tal tubo, ed applicato in sua vece un altro di 4 piedi nelle medesime circostanze, ne scorsero 321 once nell'indicato tempo. Ora ognun vede, che 321 è a $161\frac{1}{2}$ (che sono le quantità di acqua) prossimamente come 4 a 2 (che sono le radici quadrate delle accennate lunghezze dei tubi).

686. Che se i tubi sono di ugual lunghezza, ma disuguali in diametro, le quantità di acqua, che ne sgorgheranno in tempi uguali, saranno tra se come le aperture dei tubi, nulla importando, che i medesimi sieno orizzontali, oppure inclinati. Quindi è, che se le loro aperture saranno circolari, le quantità di acqua, che ne usciranno nel tempo stesso, saranno tra se come i quadrati dei loro diametri; sapendosi dalla Geometria, che i cerchj sono fra loro in questa stessa proporzione. E se trattasi di paragonare la quantità di acqua, che esce da un orifizio circolare, a quella che sgorga da un orifizio quadrato di ugual diametro, nello stesso tempo, ed a pari circostanze; uopo è risovvenirsi, che la proporzione fra il quadrato, e il cerchio inscritto, è prossimamente come 14 ad 11. Laonde, se da un orifizio circolare sgorgano 14 boccali

cali di acqua in un dato tempo, s'istituisca la proporzione, e si dica: come 11 sta a 14, così 14 sia a $17\frac{9}{11}$, che è il quadrato proporzionale. E perciò, se da un orifizio di un pollice circolare sgorgano 14 boccali di acqua in un minuto; da un orifizio quadrato di ugual diametro, ed a pari circostanze, ne sgorgheranno 17 boccali, e $\frac{9}{11}$, ossia quasi 18 boccali.

687. Non tutte però le forme dei tubi sono ugualmente atte a promuovere lo sgorgo delle acque, anche a cose pari. La esperienza in fatti ci dimostra, che debbonsi evitare, massimamente pei getti delle fontane, i tubi conici, e molto più i cilindrici, che sono i peggiori fra tutti; e che i buchi lisci, e puliti, praticati in lamine di metallo perfettamente spianate, e pulite, che chiudano orizzontalmente la estremità del tubo, sono preferibili a tutti gli altri. Gli sperimenti del Signor Mariotte ci assicurano, che il zampillo sgorgante da un foro di sei linee, ben rotondo, e levigato, praticato in una piastra di tal fatta, si elevò in modo bellissimo fino all'altezza di 32 piedi, essendo l'acqua nella conserva alta 35 piedi, e 5 pollici; laddove altri simili getti per entro a tubi conici, e cilindrici, non ascesero più che a 27, o 28 piedi. Chiunque fosse vago d'istruirsene maggiormente, non avrà che a consultare il *Trattato* del citato Mariotte *intorno al moto delle acque*, oppur le Opere, che saranno indicate in fine di questa Lezione. Quì soltanto aggiugneremo, che la esperienza ci ha fatto conoscere, che per ottenere la massima quantità di acqua da un tubo qualsivoglia applicato all'orifizio di un vaso, convien che ci sia una data proporzione fra la sua lunghezza, e il suo diametro, e segnatamente, che la lunghezza del tubo sia al diametro, come 5 a 2. Facendo il tubo più lungo, o più corto, o il diametro più largo, o più stretto in proporzione, ne sgorgherà senza dubbio una minore quantità di acqua,

ARTICOLO II.

Del Moto dei Fluidi per Canali conici, coll' applicazione di queste dottrine alla Macchina animale.

688. Consideriamo ora un fluido, il quale mosso da una forza costante, ossia uniforme, scorra per entro ad un canale, che abbia la forma di un cono. In tal caso abbiasi per regola generale, che la velocità del fluido è varia, e che nei diversi siti del canale è nella reciproca ragione delle sezioni del canale medesimo
T. XVI. Fig. 125. nei siti divisati. Suppongasi, che A nz B rappresenti un canale in forma di cono, e che la quantità di fluido ABCD scorrendo per entro a un tal canale, passi ad occupare il luogo $mnzx$. Ciò posto, la quantità del fluido $mnzx$ sarà uguale alla quantità ACDB. Tolta la parte m C D x, che è comune ad entrambe; resterà la quantità di fluido A mx B uguale alla quantità CnzD. Ma in solidi uguali le basi, e le altezze sono reciprocamente proporzionali. Dunque nz sarà ad mx, come rs a tv. Ma per essere rv l' asse del canale, le rette rs, tv esprimono le diverse velocità del fluido in un dato tempo; ed nz, mx sono due sezioni dello stesso canale. Egli è dunque dimostrato, che la velocità di un fluido, che riempie, e scorre per un canale conico, è nella reciproca ragione delle sezioni, ove egli si ritrova.

689. Or due possono essere i casi su di questo particolare. Imperciocchè può darsi in primo luogo, che il fluido facendosi strada per la parte più angusta del
Tav. XVI. Fig. 125. cono, qual sarebbe A B, scorra poi verso nz, che è la parte più ampia: ovvero può cotesto moto seguire al contrario, procedendo il fluido da nz verso l'angusta apertura A B del canale supposto. Nel primo caso, giusta la rapportata dimostrazione (§. 688); la velocità del fluido si andrà scemando a misura che discostandosi dall'angusto passo A B, andrà procedendo verso la parte più ampia, espressa da nz: cosichè

chè sarà ella tanto minore di mano in mano, di quanto le diverse sezioni, in cui si concepirà diviso il canale conico suddetto, saranno maggiori di quella, per cui il fluido vi si è internato. Per la qual cosa, supponendo il canale A n z B ripartito per via delle sezioni A B, m x, C D; la velocità del fluido in m x, sarà a quella in A B, nella ragione inversa di m x ad A B, ossia come A B ad m x: e per la stessa ragione la velocità in C D sarà a quella in A B, come A B a C D. La qual cosa si concepisce agevolmente dover così avvenire, qualor si rifletta, che la velocità comunicata al picciol numero di particelle, che si internano per A B, si dee poscia ripartire al numero grande delle particelle medesime contenute in m x; ed in seguito a quelle altre più numerose, le quali si contengono in C D. E' questo a un di presso il caso del fluido contenuto nel sottil tubo A B della Figura 94, qualora si volesse far trapassare entro all' ampio tubo C D (§. 611). E poichè internandosi il fluido per la parte angusta A B, non è diretto contro le pareti del canale A n, B z; non soffrirà da quelle, salvochè un leggerissimo sfregamento. Sicchè e per questa cagione, e perchè la forza, che lo spigne innanzi, non dee vincere, se non se la resistenza di una colonna di ugual base con A B, e della perpendicolare altezza del fluido entro al canale; non si richiede affatto, che ella sia poderosa, potendo produrre efficacemente il suo effetto, quantunque sia ella lieve, e di poco momento. Tav. XIV. Fig. 94. T. XVI. Fig. 125

690. Questa verità ci facilita il modo di concepire come la picciola forza, onde è spinto il sangue dalle angustissime boccucce dei vasi arteriosi entro a quelle delle vene corrispondenti, sia valevole a farlo trascorrere dalle varie estremità del corpo fino al cuore; avvegnachè egli è cosa indubitata, che i piccioli rami venosi prendendo il loro angustissimo principio dalle estreme parti del corpo, si vanno poi ampliando di mano in mano, fino a tanto che giungano tutti a concorrer finalmente nell' ampio tronco della vena cava, la quale va a scaricarsi nel destro ventricolo del cuore.

691.

691. A far questo però vi contribuisce parimente una potentissima cagione, passando sotto silenzio alcune altre di minor considerazione. Consiste ella nel moto dei muscoli, i quali comprimendo validamente mercè le loro contrazioni i turgidi rami venosi tra essi frapposti, promuovono con efficacia il moto del sangue contenuto in quelli, e lo spingono in maggior copia verso il cuore. Dal che nascer dee, che accelerata la sua velocità nei tronchi maggiori, si accelera parimente la derivazione verso di quelli dai minimi rami; che le contrazioni del cuore sieno più valide, e più frequenti pel maggiore afflusso del sangue; che il polmone si dilati vieppiù, ed acceleri le sue respirazioni; che sia più vigorosa in somma, e più celere l'intiera circolazione. Sembra in fatti, che l'esercizio del corpo sia stato provvidamente destinato dal sapientissimo Autor della Natura come potenza ausiliatrice del cuore, le cui funzioni non si potrebbero senza di quello eseguire con tutta la efficacia, che si richiede. Ecco dunque d'onde deriva principalmente la necessità positiva di un tale esercizio, e quindi l'origine delle funeste conseguenze della vita sedentaria.

692. Or quantunque le vene abbiano la figura di un cono, il cui apice riguarda le estreme parti del corpo, e la cui base è nel cuore; attesochè il diame-
T. XV. tro della vena cava BC si va restringendo di mano
Fig. 108. in mano, a misura che si discosta dal cuore medesimo; tuttavolta però, volendo rapportare i diametri, ossia i lumi dei rami G, H, I, K, ec. a quello del tronco BC dell'istessa vena, si ritrova, che la lor somma supera il lume di quest'ultimo; onde è poi, che considerata la cosa in questo aspetto, uopo è dire, che la base di siffatto cono venoso riguarda le estreme parti del corpo, e l'apice il cuore; e che la velocità del sangue in esso contenuto vassi accrescendo secondochè procede verso il cuore medesimo; contribuendosi principalmente a superar le resistenze dalla testè dichiarata poderosa forza dei muscoli.

T. XVI.
Fig. 121. 693. Nel caso poi che il fluido, internandosi per

nz, che è la parte più ampia del canale, scorra verso la parte angusta A B del canale medesimo; la velocità, onde egli vi si introduce, si andrà aumentando di tratto in tratto, per esser questo, a un dipresso, il caso del fluido contenuto nell'ampio tubo C D della Fig. 94, qualora si volesse egli trasfondere nel sottil tubo B A. E poichè ognun si avvede esser egli diretto per la maggior parte contro le pareti *n* A, e *z* B del supposto canale; ognun concepisce parimente, che dovrà egli soggiacere ad uno strofinio assai notabile nello scorrere verso A B. Sicchè non solamente per questa cagione, ma eziandio perchè la forza, che lo promuove, superar dee la resistenza di una colonna di esso fluido, la cui base sia uguale ad *nz*, e la cui altezza uguagli quella del fluido entro al vaso; dee necessariamente far mestieri, che cotesta forza movente sia molto poderosa, ed efficace, affin di poter produrre il suo effetto. T. XIV. Fig. 94. Tav. XVI. Fig. 121.

694. Or chi mai non si avvede esser queste appunto le circostanze, in cui è il sangue arterioso nella macchina animale; siccome quello, che essendo spinto dal sinistro ventricolo del cuore entro l'ampio seno dell'aorta, va quindi trascorrendo nelle minime sue diramazioni sparse mirabilmente in ogni parte del corpo? Ciò dunque ci dee far venire in cognizione della immensa forza, onde il sangue vien cacciato fuori dal sinistro ventricolo del cuore.

695. Abbiam su di questo proposito varj esperimenti praticati dall'insigne Dottor Hales, il quale avendo applicato un lungo tubo all'arteria carotide di una cavalla, vide, che il sangue venne spinto in su dentro di quello fino all'altezza di nove piedi e mezzo. Applicato un altro tubo in simil guisa ad un'arteria di un cane, il sangue ascese fino all'altezza di sei piedi, ed otto pollici: adattatolo all'arteria di un montone, il sangue si vide ascendere a poco meno di sei piedi e mezzo. Su 'l qual fondamento conghietturò egli con molta ragione, che se cotesto tubo fosse applicato all'arteria carotide di un uomo, il sangue ascenderebbe molto verisimilmente sino all'altezza di sette piedi e mezzo: Finalmente ritrovò per via di accu-

accurati calcoli, che era tale la velocità, con cui il sangue veniva spinto fuori dell' aorta dell' accennato montone, che movendosi uniformemente con quella, avrebbe potuto scorrere lo spazio di 174 piedi e $\frac{4}{10}$ nell' intervallo di un minuto. E per ciò che riguarda il cuor dell' uomo, la velocità, di cui si ragiona, sarebbe sì grande, che giusta i calcoli del Dottor Keill, sarebbe capace di far trascorrere al sangue lo spazio di 156 piedi e mezzo, nell' intervallo di un minuto, tenendo conto delle resistenze; avvegnachè prescindendo intieramente dalle medesime, il mentovato spazio sarebbe di 390 piedi. Questa velocità per altro dee per necessità soffrire un considerevole ritardo, principalmente per cagion del violento strofinio, che il sangue soffrir dee contro le interne pareti delle arterie, le quali comechè robustissime, e poco cedevoli, vengono tutte a distendersi nell' intiero lor tratto durante la sistole del cuore, vincendo con poderosa forza la enorme pression dell' aria, che ci circonda, equivalente a più migliaja di libbre; e poi per effetto del notabil numero di diramazione, in cui la detta arteria si suddivide prima di giugnere all' estreme parti del corpo; pei diversi angoli, che in esse si formano, mercè dei quali l' urto diretto rendesi obbliquo, ed in
T. XV. conseguenza di minore efficacia (§. 671); per esser
Fig. 108. la somma dei lumi G, H, I, K, ec., ossia delle boccucce di tutte le minime arterie, maggiore dell' orifizio del gran tronco BC dell' aorta; e per altre cagioni di simigliante natura.

696. D' altronde, volendosi attendere ai calcoli istituiti dall' ingegnosissimo nostro Borelli relativamente alla forza del cuor dell' uomo, convien tener per fermo esser tale la resistenza, che il cuore vincer dee per riempier di sangue le arterie mercè la sua contrazione, che giugne ad uguagliare 180 mila libbre di peso. La qual forza poi uopo è che sia considerabilmente maggiore per poterlo quindi spigner fuora dalle arterie medesime, siccome vien da essolui stabilito nella Proposizione 76 della seconda parte dell' insigne suo Trattato *su 'l Moto degli Animali*. In fatti Lower, e Bellino ebbero il barbaro piacere di osserva-

re,

re, che messo un dito dentro di una ferita fatta a bella posta nel cuore di un animale vivente, ne venne quello premuto non altrimenti che se fosse stato ristretto frammezzo ad un torchio. E seguendo le osservazioni praticate da Harvejo, primo scuopritore, o almeno dimostratore insigne della circolazione dei nostri fluidi, la velocità del nostro sangue è sì notabile, che esegue l'intiero giro di tutto il corpo nello spazio di poco più di tre minuti. È ben vero però, che la rammentata enorme resistenza, che il sangue incontra nel dilatare l'intiero sistema arterioso durante il ristringimento del cuore, tostochè questo si dilata contribuisse moltissimo a promuovere efficacemente il moto del sangue stesso verso i minimi rami arteriosi; avvegnachè, attesà l'elasticità delle arterie, riagiscono elleno in quell'atto contro del sangue col medesimo grado di forza, con cui sono state, durante la sistole, dilatate da quello; e quindi si viene, dirò così, a rigenerare nuovamente quella forza, mercè di cui il sangue è stato spinto dal cuore.

ARTICOLO III.

Delle Leggi generali del moto dei Fiumi, e del modo di misurare la loro velocità.

697. Dell'origine dei fonti, e dei fiumi, e di varie interessanti particolarità, che gli riguardano, ne ragioneremo più opportunamente nella Lezione sull'Acqua. Quì dunque accenneremo soltanto in succinto le leggi generali del moto dei fiumi, e il modo, onde rinvenire la velocità delle loro acque, attesochè queste ricerche appartengono immediatamente all'Idraulica. Trarremo su di ciò i lumi necessarj dai nostri Scrittori Italiani, da cui gli hanno poscia appresi le Nazioni straniere, e massimamente dall'Opera dell'illustre Guglielmini, che ha per titolo: *Della natura dei Fiumi*, pubblicata per la prima volta in Bologna nell'anno 1697, e che trovasi inserita nel Tomo II della *Raccolta degli Autori, che trattano del moto delle Acque*, stampato in Firenze nell'anno 1766.

698. Le sorgenti dei fiumi ritrovandosi ordinariamente in luoghi elevati, è facilissimo il comprendere, che la velocità delle loro acque deesi andar diminuendo di mano in mano, sì per cagion degli ostacoli continui, che presentan le ripe, e il fondo del loro alveo al corso delle acque medesime, sì ancora perchè discendendo esse al piano dopo un certo tratto di cammino, vassi a scemare di ragione il loro pendìo. La qual cosa dipende eziandio da un altro principio, qual è quello, che le acque essendo veloci presso alla loro sorgente, radono col loro impeto le parti elevate del fondo dell' alveo, e trasportandole secoloro, le vanno deponendo quà, e là: onde ne avviene, che le cavità del fondo medesimo riempiute per tal mezzo, il letto dei fiumi vassi rendendo orizzontale col tratto del tempo, e quindi vassi a scemare la velocità delle acque. Oltreachè, logorate in certo modo le ripe, come or ora diremo, e dilatato perciò il letto, deesi necessariamente scemare la velocità della corrente.

699. Diminuita impertanto fino a un certo segno, per le ragioni addotte, la velocità delle acque, il fondo del letto trovasi avere bastante resistenza per non soffrire ulteriore alterazione dal moto di quelle. Le ripe similmente, che percosse con veemenza dalla corrente nel cominciamento del veloce suo corso, vansi logorando, ed acquistando in qualche modo la direzione del corso medesimo, resistono poscia ugualmente che il fondo, al moto delle acque; dal che deriva un certo equilibrio fra l' urto di quelle, e la riazione del letto del fiume in generale. Laonde giunte le cose a questo termine, il letto del fiume rendesi permanente in certa guisa, e non più suscettibile di essere alterato. Se ciò non fosse, i letti dei fiumi acquisterebbero coll' andar dei secoli una profondità, ed un' ampiezza prodigiosa.

700. Vi sono tuttavolta dei casi, in cui le dimensioni dei letti dei fiumi vansi a diminuire coll' andar del tempo; e ciò accade in quelli, ove le acque assai torbide, e cariche di materie straniere, le vanno deponendo gradatamente sul fondo, e lungo

go le ripe, e quindi le rendono a poco a poco più anguste.

701. Le acque dei fiumi o scorrono in forza della velocità, che acquistano per cammino, o in virtù della pressione delle loro particelle superiori sopra le inferiori. Scorrono per la prima ragione, qualora il fondo del letto essendo declive, le obbliga a discendere come al di sopra di un piano inclinato; laddove all' opposto scorrono in forza della loro pressione, qualora la direzione del fondo è prossimamente orizzontale. La ragione ne è evidente. Per quanto sia minimo il pendìo del fiume, le acque superficiale, che non soffrono sfregamento, scorrono con qualche velocità; le inferiori al contrario, dovendo superare la resistenza del fondo, non avrebbero forza di scorrere su di un piano quasi orizzontale; ma siccome sono premute dalle acque superiori a misura che quelle sono più elevate (§. 675); ricevono da tal pressione l' attività, che loro manca di far cammino: che anzi trascinando secoloro le parti sovrastanti, mercè la scambievole, ancorchè lieve, loro aderenza, rendono alle medesime il contraccambio della forza, che han da esse ricevuto.

702. Il diverso grado di pressione, che fanno le acque, secondo la differente loro altezza (§. 675), cagionar dee diversi gradi di celerità nei varj strati, diciam così, di qualunque sezione delle medesime. E perciò è ragionevole l' immaginare, che in qualsivoglia sito di un fiume la celerità delle particelle acquose dee andar crescendo a proporzione che elleno più si accostano al fondo, tranne le alterazioni, che derivano dallo sfregamento di sopra mentovato. Il quale sfregamento è così poderoso, che scorgiam per esperienza, che le acque dei fiumi vanno più lente nel fondo, che nella superficie. In fatti avendo il Signor Mariotte legate due palline di cera a due capi di un filo; ed avendo fatto sì, che una di esse andasse a fondo, quando l' altra manteneasi a galla della corrente di un ruscello; rinvenne, che l' inferiore (spinta innanzi dalle acque vicine al fondo) restava sempre alquanto addietro, nell' atto, che la

superiore avvanzava. Di più le acque di mezzo, ossia quelle, che scorrono lungo il filone della corrente, sono più veloci delle rimanenti, a cagione che vanno esenti dallo strofinio, che le altre soffrono lungo le ripe, e contro del fondo dell'alveo.

703. Vuolsi avvertire inoltre, che essendo i letti dei fiumi molto irregolari nella loro ampiezza, la velocità delle acque rendesi maggiore nei luoghi, dove il letto si ristrigne, e minore ove quello si allarga; e ciò nella ragione inversa delle differenti sezioni, siccome abbiam dimostrato (§. 688).

704. Ciò non ostante però, quando il fiume è in uno stato permanente; cioè a dire, quando la quantità delle sue acque non si altera; sì per le sezioni anguste, che per le ampie, scorre sempre una ugual quantità di acqua; colla sola differenza, che la velocità è minore in queste, che in quelle, come già si è detto (§. 689).

705. Dalle cose fin quì esposte ben si comprende, che l' unione di due fiumi in un solo alveo dee farli scórrere con una maggiore celerità, sì perchè lo sfregamento delle ripe rendesi minore, giacchè queste da quattro, che erano, riduconsi a due, sì ancora perchè crescendo l'altezza delle acque, rendonsi elleno di ragione più veloci (§. 801). Dal che deriva poi, che divenendo il letto più profondo, per cagion della veemenza della corrente; ad onta dell'aumento considerabile delle acque, le dimensioni del fiume non si veggono accresciute sensibilmente. Ne abbiamo un esempio nel ramo del *Po*, che estendesi verso Venezia, il quale benchè in se riceva i rami di *Ferrara*, e del *Panaro*, non si vede tuttavolta sensibilmente accresciuto. Per la qual cosa il mezzo più efficace in generale per impedire le inondazioni dei fiumi, è quello di unirli in un alveo comune, oppure di ristrignerne il letto, affin di accrescere la velocità delle acque. Il praticarvi delle aperture, ad oggetto di scaricare una porzione delle acque medesime, siccome scema la velocità di quelle, rende il fiume più soggetto alle piene, e quindi più atto a fare delle inondazioni.

706.

706. Sono graziosissimi gli esperimenti praticati dal Signor Genneté su questo proposito col mezzo di un fiumicello artificiale, in cui se ne faceano scaricare degli altri di ugual portata, che egli domina *influenti*. Riferisce egli adunque, che facendo entrare nel fiumicello primario il primo influente; quantunque l'acqua si fosse accresciuta in quello di una metà, non crebbe punto l'altezza dell'acqua. Dopo l'introduzione di un secondo uguale influente nel detto fiumicello primario, neppur si vide alcuna alterazione nell'altezza dell'acqua. E perciò è necessario il dire, che l'introduzione delle nuove acque diede loro una tal celerità, che in un tempo uguale fece scorrere il fiume primario, e le acque aggiunte, una volta più presto di prima. Soggiugne poscia il menzovato Autore, che se gli esperimenti da se praticati con fiumicelli artificiali non si riputassero concludenti, potrebbero osservarsi in grande nel *Dunubio*, e nel *Reno*. Il *Danubio* giunto a Passavia, in se riceve le acque del fiume *Inn*, che è quasi tanto grande quanto il *Danubio* stesso; e ciò non ostante, il letto del *Danubio* da quel punto in giù non è maggiore del letto dell'*Inn*, che in esso sbocca: si vede però, che la velocità delle sue acque si accresce notabilmente. In simil guisa il *Reno*, che in se riceve il *Meno* a Magonza, e la *Mosella* a Coblents, giunto poi sotto le Mura di Colonia, non ha il letto così ampio come lo ha sotto Magonza, ove scorre solamente colle acque del *Meno*, prima di aver ricevuto quelle della *Mosella*. Altri sperimenti dell'indicata natura istituiti dal medesimo Autore, trovansi rapportati nel Tomo III della *Raccolta degli Autori sul moto delle acque*, pubblicato in Firenze nell'anno 1767.

707. Alcuni illustri Matematici, e massimamente il Signor d'Alembert nel suo *Saggio sulla resistenza dei fluidi*, si sono studiati di determinare col calcolo la velocità dei fiumi. Bisogna però confessare, che la pratica non ha guadagnato nulla dalle loro fatiche. Imperciocchè, oltre all'essere i detti calcoli estremamente complicati per le varie circostanze, che debbono prendersi in considerazione, suppongono dei dati,

che non vi sono realmente in natura. Suppongono essi in fatto, che l'alveo sia regolare, che le sponde sieno perpendicolari all'orizzonte, e parallele fra loro, che il fondo dell'alveo sia piano, che non vi sia veruna sorta di sfregamento, ec.; laddove veggiamo per esperienza, che tuttociò varia all'infinito, e che è impossibile il tener conto di tali varietà. Perciò dunque fa mestieri assolutamente di servirsi dei metodi pratici, i cui principali possono ridursi ai seguenti.

708. Mr. Pitot nelle *Memorie della R. Accademia delle Scienze* propone di doversi far uso di un tubo di vetro, ripiegato ad angolo retto, inguisachè uno delle sue braccia sia orizzontale, e l'altro verticale. Immerso nell'acqua del fiume il braccio orizzontale colla sua apertura contro la corrente, sicchè l'acqua vi si possa internare, vedesi questa, giunta che sia al fondo di cotal braccio, ascender poscia in su nel braccio verticale. E a dir vero, giusta le leggi dell'Idraulica, salirebbe ella all'altezza, da cui un grave dovrebbe discendere per acquistare una velocità uguale a quella della corrente (§. 681), e quindi indicherebbe appuntino con tal mezzo la velocità del fiume: ma il fatto si è, che impedita ella in qualche modo dallo strofinio contro le pareti interne del tubo, e dal contrasto, che le fa nel tempo stesso la curvatura del tubo medesimo, non ascende giammai a quella tale altezza, e quindi non dà giammai una esatta misura della velocità del fiume.

709. Altri han proposto l'uso di un pendolo, il quale immerso nell'acqua, e spinto dalla forza della corrente, vien rimosso dalla linea verticale, e forzato ad ascendere più o meno, sicchè formi un angolo colla verticale medesima. Or la differenza di cotesti angoli può ben indicare la diversa velocità delle correnti, ma oltre al potersi cotal differenza difficilmente misurare in pratica, non potrà dimostrarci, se non le velocità comparative delle acque, ossia di quanto un fiume sia più veloce di un altro.

710. Per la qual cosa sembra preferibile a tutti il terzo metodo, che è insiememente il più semplice, e si-

sicuro. Prendansi delle picciole palle di cera, che sono a un dipresso della stessa gravità specifica che l'acqua, e si gettino nella corrente. Non passerà guari, che elleno tratte via dalla corrente medesima, acquisteranno la stessa velocità di quella, che dallo spazio corso dalle palle potrassi, mercè di un pendolo a secondi, misurare molto agevolmente.

ARTICOLO IV.

Del modo di sollevar le Acque, e delle Macchine atte a tal uopo.

711. Trattandosi di sollevar le acque, e quindi di trasportarle dall'uno all'altro luogo, la prima cosa da farsi è quella di considerare la posizione relativa dell'acqua, che si vuol sollevare, e del luogo, ove la si vuol far ascendere. Tutte le volte, che il livello del recipiente, ove quella si vuol versare, è alquanto inferiore al livello del serbatojo, ove ella si contiene, potrà ottenersi l'intento agevolmente facendola passare a traverso di un tubo continuato nella direzione la più convenevole; imperciocchè, quando anche tra cotesti due luoghi si frapponesse la profondità di una valle, l'acqua non mancherà di ascendere fino al luogo proposto in forza della sua pressione, a tenore di ciò, che si è dimostrato nel §. 681.

712. Ma se per lo contrario vogliasi quella far ascendere al di sopra del livello del serbatojo, o del fiume, dal quale si vuol attignere, in tal caso bisogna necessariamente ricorrere alle Macchine; le quali per verità sono assai numerose. Riserbandoci pel Trattato sull'Aria la dichiarazione di quelle, le quali operano unicamente in forza dell'elasticità, oppur della pressione dell'aria medesima, farem quì parola soltanto di alcune di quelle tali, nelle cui funzioni l'aria non ha veruna influenza.

713. Prima di tutto impertanto merita di esser quì rammentata la nuova *Macchina a corda*, inventata in Parigi verso il fine dell'anno 1780 da Mr. Vera, uno dei *Portalettere* di quella Metropoli, il quale os-

osservando, nell'atto di attigner l'acqua dal suo pozzo, che una porzione di corda bagnata traeva seco una notabile quantità di acqua, siccome avvenir suole di ordinario; si avvisò di far girare velocemente all'intorno di due girelle una corda, la quale fosse obbligata ad attraversare un volume di acqua. Alla sua idea corrispose felicemente il successo; ed ecco in qual maniera.

T. XV. Fig. 109. 714. A, e B, sono due girellè, disposte entrambe nel medesimo piano verticale. Una di esse, che vien rappresentata da A, è alquanto immersa nell'acqua del pozzo, del lago, o del fiume, che si vuol sollevare; e l'altra B è collocata nel sito, ove si vuol quella far ascendere. All'intorno di esse avvolgesi la corda A C B D, la quale ritorna in se medesima mercè la stretta unione dei suoi capi. E' cosa naturale l'immaginate, che dando moto alla ruota dentata F col mezzo del manubrio G, rivolgerassi nel tempo stesso il rocchetto E, e la girella superiore B, che ha un asse comune con siffatto rocchetto: per conseguenza si aggireranno similmente la corda senza fine A C B D, e la girella inferiore A immersa nell'acqua. Or la porzione ascendente A C di cotesta corda, sì per cagione del violento moto di rotazione, il quale spigne su l'acqua da A verso C, sì per forza di una certa naturale aderenza, che cotesto elemento ha con essa corda, porta seco in alto una notabilissima quantità di acqua, che la riveste intorno intorno alla guisa di un cilindro. Giunta questa acqua a contatto colla girella superiore B, concepisce una forza centrifuga sì grande, che ne viene spruzzata d' ogni parte con somma violenza nella direzione di un gran numero di tangenti. Per tale oggetto la girella B tiensi perfettamente rinchiusa al di dentro di una cassetta, la cui sezione viene indicata dalle lettere *a b c d*. Ciò fa sì, che l'acqua spruzzata contro le sue pareti, cada in fondo di essa, e quindi ne sgorghi fuori pel canale *n* H, versandosi così entro la vasca destinata a riceverla.

715. Ed affinchè cotesta acqua, che abbiam detto raccorsi nel fondo della cassetta, non iscorra giù di bel

bel nuovo per entro ai fori *n*, *m*, per cui passano i capi CB, e BD, della corda, sono eglino guerniti di due tubi *n*, ed *m*, i quali s' innalzano fino ad una certa altezza dentro la cassetta: coll' avvertenza però, che il tubo *n*, e il foro ad esso corrispondente, per cui si fa strada entro la cassa il capo di corda ascendente AC, sieno assai più ampj del foro, e tubo *m*; e ciò ad oggetto, che il cilindro di acqua, il quale abbiam detto montar su lungo l' indicata corda AC, possa liberamente introdursi nella cassetta, e non essere reciso, per così dire, dall' angustia del foro, oppur del tubo a se corrispondente. T. XV. Fig. 109.

716. Vuolsi avvertire inoltre, che qualora la ruota dentata F non fosse comodamente accessibile, per cagion dell' altezza del sito, a cui l' acqua si dee sollevare, uopo è far uso in sua vece della gran ruota I, la quale mercè della corda LEM, ravvolta intorno ad un rotellino collocato in E in luogo del rocchetto, faccia quindi girare le girelle B, ed A, insiem colla corda ACBD nel modo già detto. Ognun vede però, che in questo caso non si ha quel risparmio di forza, che si può ottenere facendo uso della ruota dentata F. Sicchè non consiglierei di far uso della gran ruota I, se non se qualora la necessità lo richiedesse. T. XV. Fig. 109.

717. Le girelle A, e B, possono farsi di legno, oppur di bronzo; ma convien seriamente badare, che elleno giaciano sempre nel medesimo piano verticale. La girella A, che restar dee sempre immersa nell' acqua (nulla importando fino a quale profondità), può esser fermata nella sua situazione col mezzo di una traversa NO, oppure per via di un peso K da se pendente: il qual peso, nel caso che l' acqua da attignersi non fosse molto profonda, potrebbe anche poggiar su il fondo del serbatojo, affin di evitare il notabile sfregamento, che deriva dalla soverchia tensione della corda ACBD. In somma può ciascuno ritenerla nel suo conveniente sito, nella maniera, che gli sembrerà la più propria, e più adattata alle circostanze; badando sempre, che gli assi, e la corda della Macchina sieno soggetti al menomo sfregamento possibile. Tav. XV. Fig. 109.

718.

Tav.XV. Fig. 109. 718. Non vo' finalmente tralasciar di dire, che la corda senza fine A C B D può esser costrutta nel modo ordinario, oppur fatta a treccia: può esser di canape, oppur di stramba, ossia fune di spartèa, detta da alcuni *sparto*, e presso di noi volgarmente *libàno;* la quale per verità riesce migliore, sì perchè solleva una maggior quantità di acqua, date uguali le altre cose; sì perchè non è così soggetta a marcirsi, ed a sfilacciarsi, senza rammentare inoltre il risparmio della spesa. Può similmente farsi uso di una sottil catena di ferro invece di corda, avendo cura di farla agevolmente pieghevole. Questa converrebbe assai bene trattandosi di sollevar l'acqua a picciole altezze di 10, oppur 12 piedi; ed in tal caso si può fare a meno della girella inferiore A; mantenendosi la catena bastantemente tesa in forza della propria gravità, nè essendoci pericolo di potersi attorcigliare. E per non passare sotto silenzio veruna circostanza interessante in riguardo a questa Macchina, uopo è che io dica, che le girelle A e B, possono esser conformate alla guisa del picciol cilindro Tav.XV. Fig. 110. A B, il quale avendo intorno a se differenti scannellature, *a*, *b*, *c*, ec.; quasichè composto fosse da più girelle contigue infilate nel medesimo asse A B; sia guernito in conseguenza di variate corde *a d*, *b e*, *c f*, ec. Secondo questa costruzione si avrebbero nel tempo stesso tante Macchine, quante sono le corde; e dai loro effetti insiem congiunti potrebbesi ottenere una notabilissima quantità di acqua.

719. Egli è affatto necessario l' avvertire su di questo proposito, che a misura che cresce il diametro Tav.XV. Fig. 109. della corda senza fine A C B D, e la velocità, onde ella si aggira, si aumenta eziandio la quantità di acqua, che ascende. Ed affinchè si abbia una qualche idea di tal quantità di acqua, stimo a proposito il rapportar quì il risultato di varj esperimenti praticati in Parigi nel tempo che fu inventata codesta Macchina, ai quali ebbi il piacere di assistervi io stesso personalmente.

720. Il primo di essi fu fatto in casa di Mr. Vera. La corda senza fine era di stramba, ed avea il dia-

diametro di circa sette linee. La gran ruota I avea il diametro di 4 piedi. La lunghezza della manovella PQ era di 14 pollici e mezzo. Il diametro del rotellino collocato in E era di 4 pollici; e quello di ciascheduna delle girelle A, e B, era di un piede. La ruota I veniva girata da due uomini, i quali nello spazio di otto minuti sollevarono 250 *pinte* di acqua fino all'altezza di 64 piedi. Ogni *pinta* di acqua pesa circa due libbre, ciascuna di 16 once. Tav. XV. Fig. 109.

721. L'altro esperimento fu fatto nell'Osservatorio Reale. La corda era di canape, ed avea presso a poco il diametro di sette linee. Due uomini impiegati a far girar la Macchina, sollevarono 15 *pinte* di acqua fino all'altezza di 168 piedi nello spazio di due minuti.

722. Il terzo esperimento da me veduto si praticò in un sito immondo di Parigi, denominato la *petite Pologne;* ove invece di corda si fece uso di sedici catene di ferro, le quali rivolgeansi intorno a cilindri nel modo indicato nel §. 718, senza che vi fosse girella inferiore, o altra cosa equivalente. Due uomini lavorando per lo spazio di due minuti, sollevarono 660 *pinte* di acqua fino all'altezza di 13 piedi e mezzo.

723. Mediante una picciola Macchina fatta da me costruire quì in casa di un mio amico, un uomo solo, od anche un ragazzo, faticando per due minuti, solleva 50 caraffe di acqua fino all'altezza di circa 6 piedi e 4 pollici. La corda ha il diametro di 3 linee a un dipresso. La ruota I (non avendo potuto adattare la ruota dentata in F, per non essere cotesto sito comodamente accessibile) ha il diametro di 21 pollici e mezzo: il rotellino in E ha 2 pollici e mezzo di diametro; e quello delle due pulegie A, e B, non è che di 4 pollici e 7 linee. T. XV. Fig. 109.

724. Checchè ne sia del paragone di questa *Macchina a corda* con altre Macchine idrauliche, non vi ha dubbio esser ella pregevolissima per la sua somma semplicità; per la picciola spesa, che si richiede per costruirla, e mantenerla; per somministrare una perpetua, e non interrotta corrente di acqua; e per poter-

terla sollevare a grandi altezze. Oltreachè ha ella il notabilissimo vantaggio di poter sollevare l'acqua anche in direzione obbliqua: ciocchè può riuscire assai comodo in parecchie occorrenze. L'esperimento di questo genere da me veduto, fu eseguito dall' Abate Bossier, Macchinista Avignonese, nel giardino della
Tav.XV. Fig. 111. *Badia di S. Martino* in Parigi. A B era una gran vasca collocata nel centro del giardino; C, e D erano le due girelle, i cui piani giacevano in sito orizzontale, e non già verticalmente come nella Figura 109. La girella C era alquanto immersa nell' acqua, e l'altra D era incassata, come si è detto nel §. 714, e posta accanto alla finestra di una camera del divisato Monistero, la cui altezza dal sottoposto piano del giardino era di 20 piedi. La corda senza fine D F C E era di stramba, ed avea il diametro di quattro linee. La distanza tra C, e D, era di 300 piedi. La Macchina, onde ella si facea rivolgere, viene indicata dalle lettere E I H K. Due uomini impiegati alla manovella L, ed altrettanti alla manovella K, facevano girar la ruota dentata H di un piede di diametro; la quale movendo in giro il rocchetto, I, e la pulegia orizzontale E infilata nel suo asse, facea rivolgere conseguentemente la corda senza fine D C E intorno alle sue rispettive pulegie C, e D. Non si potè tener conto della quantità di acqua, che innalzava, poichè la maggior parte di essa scappava fuori della cassetta, ove era racchiusa la girella D, per non esser quella lavorata a dovere. Posso dire però di non esser ella stata molto considerabile. Del resto siffatto esperimento fu praticato soltanto per un saggio: ed ognun comprende, che a misura che si diminuisce la distanza tra C, e D, si scema parimente la quantità di forza necessaria per poter girare la Macchina, e si aumenta la quantità dell'acqua, che ascende. Non vo'lasciar di notare in ultimo, che avendo io passeggiato direttamente sotto la corda CF, nell' atto che ella sollevava l'acqua, mi accorsi di non esserne caduta a terra neppure una goccia. L' avvertenza d' aversi è quella di tener la corda stirata più che è possibile.

725.

725. L'altra Macchina Idraulica, indipendente dall' influenza dell' aria, è la *Vite*, o *Coclea di Archimede*, detta altrimenti *Tromba spirale*, la quale ci dà un indizio non equivoco del grande ingegno di quel sommo Matematico. Consiste ella di ordinario in un cilindro A B, intorno a cui si ravvolge un tubo spirale CDNFG. La estremità C di cotesto tubo tiensi immersa nell' acqua durante il giro della Macchina; e l'opposta G giace presso al bacino H, ove quella si vuol versare. Inclinando il cilindro AB ad un angolo di circa 45 gradi sull' orizzonte; e facendo girare il manubrio I; l'acqua introdottasi nel tubo per l'estremità, C, va scendendo di mano in mano da O in L, da D in M, da E in N, e finalmente da F in G, in forza del proprio peso; e quindi ascende in tal guisa, coll' aggirarsi che fa il cilindro A B lungo il tubo spirale CG, in modo da destar meraviglia in chicchesia. Tav. XV. Fig. 112.

726. Nel caso, che si avesse il benefizio dell'acqua corrente, potrebbe ella farsi girare col mezzo della ruota K, e risparmiar la potenza da applicarsi al manubrio I. Il gran difetto di questa Macchina è quello di non poter far ascender l'acqua, se non se a picciole altezze, a meno che non si voglia ella raddoppiare, o triplicare: la qual cosa non sempre torna conto di farsi. T. XV. Fig. 112.

727. Per sollevar le acque senza l'ajuto dell' aria, si suol far uso benanche di un'altra Macchina rappresentata dalla Figura 113. Consiste ella nel tubo EF, alto al par del sito, a cui l'acqua si vuol far ascendere; e nella corda, o catena HLN, la quale si aggira intorno ai due cilindri AB, CD. Vien ella guernita di tratto in tratto dei piccioli globi di cuojo G, N, ec., che soglion farsi anche ovali, oppur di piccioli cilindri anche di cuojo alquanto duro, rappresentati da H, I, ec., e si denomina *Tromba a catena*, oppur *Tromba a rosario*. Talvolta invece dei mentovati globi, o cilindri, s'infilano nella catena delle piccole scudelle anche di cuojo, rappresentate da K, L, ec. Essendo il cilindro A B, e il capo inferiore E della Tromba immersi nell'acqua; col rivol- T. XV. Fig. 113.

volgersi della catena HLN, si fa ascender quella fino a CD, d'onde poi si versa nel conveniente serbatojo. Questa Macchina, il cui sfregamenro per altro è molto notabile, può esser di grande uso, principalmente nel sollevare acque assai torbide, le quali abbondano di materie straniere, che potrebbero impedir l'effetto di altre Macchine di differente natura.

728. Non è da passarsi in silenzio l'*Altaleno*, usato comunemente dai nostri Ortolani per attigner l'acqua dai loro pozzi, e quindi irrigare i loro orti. Piantano eglino un'alra pertica presso alla bocca del pozzo, che suol esser di ordinario nel mezzo dell'otto. In cima a cotesta pertica, che è fatta a forchetta, evvene un'altra orizzontale, adattata in modo, che deprimendone un capo, l'alrro s'innalzi alla guisa di un altaleno. Ad uno di tali capi sospendesi un secchio, o un bigonciuolo, per mezzo di una fune di pochi palmi: legasi all'altro un pezzo di pietra così grande, che possa equilibrarsi a un dipresso col secchio del capo opposto, ripieno di acqua. Disposte in tal guisa le cose, l'uomo, che è presso alla bocca del pozzo, deprimendo agevolmente il secchio; lo tuffa nell'acqua, e quindi con maggior facilità lo rialza pieno di acqua; giacchè essendo allora il secchio già ripieno equilibrato, come si è detto, colla pietra annessa al capo opposto della leva, non si richiede, che una leggiera forza per far che quesro ultimo si abbassi. L'uomo intanto prende il secchio; ne versa l'acqua immediatamente in una vasca vicina, e lo rigetta nel pozzo, come dianzi. Lo rialza poscia di bel nuovo colla stessa facilità; e così proseguendo con indicibile celerità, e destrezza la medesima operazione, attigne in un batter di occhio una quantità di acqua notabilissima con poca fatica; e con una Macchina di pochissimo dispendio; se non che convien che il pozzo abbia la profondità di pochi piedi: altrimenti la Macchina non può essere di verun uso.

729. Accenneremo quì per ultimo la Macchinetta idraulica adoperata comunemente in Olanda per votar T. XVI. le loro dighe. Consiste ella in una spezie di roma-
Fig. 117. juolo, o di pala di legno A, sostenuto da tre corde

de *a*, *b*, *c*, le quali col mezzo della fune *d*, a cui sono annodate, sospendonsi al triangolo di legno B, formato da' tre bastoni. Essendo il romajuolo A sostenuto intieramente dalle mentovate funi, ognun comprende di leggieri, che un uomo, dirigendolo soltanto mercè del manico C, può quasi per una spezie di passatempo, attigner l'acqua da un pantano, oppure da una vasca poco profonda, e quindi versarla come con una palla in quella direzione, che gli aggrada. Può un uomo versare agevolmente con tal mezzo 400 piedi cubici di acqua nell'intervallo di un'ora.

730. Chiunque desiderasse ulteriori istruzioni intorno a Macchine idrauliche, come altresì intorno alle leggi, ed ai metodi pratici, che le riguardano, uòpo è, che ricorra alle Opere di Belidor, e di Bernoulli, di Wolfio, di Leupold, di Desaguliers, di Mariotte, di Bossut, di Prony, e di altri celebri Scrittori, i quali hanno trattato di proposito questo interessantissimo, e dilettevole soggetto.

Fine del Tomo secondo.

IN-

INDICE

Delle Lezioni, e degli Articoli contenuti in questo secondo volume.



LEZIONE VII.

LE-

LEZIONE VIII.

LEZIONE IX.

LEZIONE X.

LEZIONE XI.

LE-

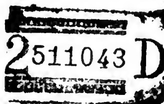
LEZIONE XII.

Sull' Idrostatica. 129

LEZIONE XIII.

Sull' Idraulica. 161

Fine dell' Indice del Tomo II.



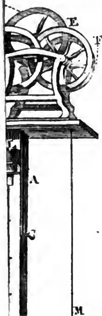
P. nil obstat reimpressioni

DE CARPANI.

Permittitur impressio

Ex Spec. Comm.
AVIGNI a Cons. Gub.

TAVOLA IX.



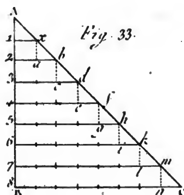


Fig. 33.

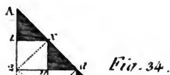


Fig. 34.





